



Парові та водогрійні котли. Частина 2.

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	Перший (бакалаврський)
Галузь знань	14 Електрична інженерія
Спеціальність	142 Енергетичне машинобудування
Освітня програма	Інженерія і комп'ютерні технології теплоенергетичних систем
Статус дисципліни	Нормативна
Форма навчання	Очна (денна)
Рік підготовки, семестр	3 курс, весняний семестр
Обсяг дисципліни	5,5 кредитів ЕКТС/165 годин (лекції 36, практичні 18, лабораторні 18, СРС 93)
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Екзамен/Модульна контрольна робота
Розклад занять	www.roz.kpi.ua
Мова викладання	українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: к.т.н, доцент, Рогачов Валерій Андрійович, 0984051751, valeriy_rogachov@ukr.net Лабораторні роботи: Рогачов Валерій Андрійович
Розміщення курсу	Login.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

В рамках дисципліни майбутні фахівці будуть вивчати призначення, принцип дії та конструкції паро- водогрійних котлів різної потужності. Паро-водогрійні котли є базовим елементом будь-якої теплової електричної станції, яка за сукупністю процесів охоплює знання в області горіння, тепло-масообміну, гідро-аеродинаміки, металофізики, теорії міцності та автоматичного керування. Тому розвиток енергетики є неможливим без розвитку конструкцій парових котлів, збільшення потужності та забезпечення відповідних умов їх надійної роботи. Сучасний стан світової енергетики показує, що без теплових електричних станцій, на яких працюють парові котли, не зможе функціонувати ні атомна, ні альтернативна енергетика, особливо в питаннях покриття пікових потреб в електричних потужностях. Саме парові котли дають змогу стабільно працювати енергосистемі у маневровому режимі і забезпечувати всіх споживачів електричною енергією. Також котельні установки виробляють гарячу воду і пару для потреб промислових і муніципальних споживачів, що робить життя суспільства більш комфортним і сталим.

Предметом навчальної дисципліни є нормативні методи теплових, аеродинамічних та міцнісних розрахунків паро-водогрійних котлів. Конструктивні та повіркові теплові

розрахунки основних поверхонь нагрівання парового котла середньої потужності, методи розрахунків газоповітряного тракту котла та методи розрахунку на міцність основних узлів та елементів котла.

Метою навчальної дисципліни є формування у студентів компетентностей:

ФК 4. Здатність застосовувати стандартні методи розрахунку при проектуванні деталей і вузлів енергетичного і технологічного обладнання.

ФК 6. Здатність вибирати основні й допоміжні матеріали та способи реалізації основних теплотехнологічних процесів при створенні нового обладнання в галузі енергомашинобудування і застосовувати прогресивні методи експлуатації теплотехнологічного обладнання для об'єктів енергетики, промисловості і транспорту, комунально-побутового та аграрного секторів економіки.

ФК 15. Здатність продемонструвати знання характеристик і властивостей обладнання, процесів і матеріалів в галузі енергетичного машинобудування.

Програмними результатами навчання є:

ПРН 12. Застосовувати практичні навички вирішення завдань, що передбачають реалізацію інженерних проєктів і проведення досліджень відповідно до спеціалізації.

ПРН 22. 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 23. Визначати та аналізувати теплогідравлічні та аеродинамічні характеристики роботи енергетичного і технологічного обладнання в умовах зміни режимних та експлуатаційних параметрів.

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

Пререквізити дисципліни: « Парові та водогрійні котли. Частина 1».

Постреквізити дисципліни: «Парогенератори і теплообмінники АЕС», Виробнича практика.

3. Зміст навчальної дисципліни

Розділ 1. Підготування палив до спалювання

Тема 1.1. Підготування твердого палива до спалювання.

Тема 1.2. Підготування рідкого та газоподібного палив.

Розділ 2. Енергетичні та промислові парові котли

Тема 2.1. Промислові барабанні котли малої та середньої паропроductивності.

Тема 2.2. Котли з природною циркуляцією для енергоблоків.

Тема 2.3. Прямоточні котли для енергоблоків.

Розділ 3. Системи теплопостачання в Україні.

Тема 3.1 Споживачі теплоти.

Тема 3.2 Принципові схеми систем теплопостачання.

Розділ 4. Основне і допоміжне обладнання котельні.

Тема 4.1 Вибір котлоагрегатів.

Тема 4.2. Вибір допоміжного обладнання.

Розділ 5. Аеродинаміка газоповітряного тракту котла.

Тема 5.1. Методика аеродинамічного розрахунку газового тракту котла.

Тема 5.2. Методика аеродинамічного розрахунку повітряного тракту котла.

Розділ 6. Метал та міцність елементів парових котлів.

Тема 6.1. Умови роботи металу парового котла.

Тема 6.2. Розрахунки на міцність основних елементів парового котла.

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.
2. Степанов Д.В. Котельні установки промислових підприємств: навч. посібник/ Д. В. Степанов, Є.С. Корженко, Л.А. Боднар.— Вінниця: ВНТУ, 2011. - 120 с.
3. Чепурний М.М. Теплові розрахунки парогенераторів. /Навчальний посібник/ М. М. Чепурний, Д.В. Степанов, Є.С. Корженко. – Вінниця: ВНТУ, 2006. – 155с.
4. В. О. Туз, В. І. Мариненко, О.О. Васечко. Розрахунок топки котельних установок. /електронний ресурс/: навчальний посібник для студентів спеціальностей 142 «Енергетичне машинобудування», 144 «Теплоенергетика»/КПІ ім.Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 0,897Мбайт). – Київ: КПІ ім.Ігоря Сікорського, 2020. – 36с.

Додаткова література:

5. Ткаченко С.Й. Котельні установки: електронний навчальний посібник / С. Й. Ткаченко, Д.В. Степанов, Л.А. Боднар. – Вінниця: ВНТУ, 2016. – 187 с.
6. Industrial Boilers and Heat Recovery Steam Generators Design, Applications, and Calculations By V. Ganapathy Copyright Year 2002. – 120p.
7. Industrial Boilers and Heat Recovery Steam Generators Design, Applications, and Calculations V. Ganapathy ABCO Industries Abilene, Texas, U.S.A, 2003. – 150p.
8. Мисак С.Й. Підвищення ефективності роботи систем пилоприготування котлів енергоблоків ТЕС при спалюванні непроектованих видів палива - Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису. Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.14.06 "Технічна теплофізика та промислова теплоенергетика" - Національний університет «Львівська політехніка» МОН України, Львів, 2017.
9. «Допоміжні системи котельних установок». Методичні вказівки до виконання курсового проєкту з дисципліни «Допоміжні системи котлів і реакторів» для студентів спеціальності 142 «Енергетичне машинобудування» спеціалізації «Тепло- і парогенеруючі установки» / Уклад.: Є.М. Письменний, В.І. Мариненко, О.О. Васечко – К.: НТУУ «КПІ», 2016. – 62 с.
10. Гічов Ю.О. Джерела теплопостачання промислових підприємств. Частина 1. Конспект лекцій / Ю.О. Гічов. – Дніпропетровськ:НМетАУ, 2011. – 52 с.
11. Гічов Ю.О. Джерела теплопостачання промислових підприємств. Частина 2. Конспект лекцій / Ю.О. Гічов. – Дніпропетровськ:НМетАУ, 2011. – 49 с.
12. Конспект лекцій з дисципліни «Котельні установки промислових підприємств»для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня зі спеціальності 144 – Теплоенергетика очної та заочної форм навчання / Укл. Глущенко О.Л., – Кам'янське: ДДТУ, 2019 – 103 с.
13. Енергетичні котельні установки. Котельні установки промислових підприємств [Електронний ресурс]: Навчальний посібник до виконання лабораторних робіт для студентів

спеціальності 144 «Теплоенергетика», спеціалізації «Теплофізика» та «Промислова та муніципальна теплоенергетика і енергозбереження» /КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: Новаківський Є.В. – Електронні текстові дані (1 файл: 0,71 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 55 с.

14. Теплові навантаження споживачів. Теплова схема котельні. Розрахункова робота з освітнього компонента «Джерела теплопостачання та споживачі теплоти»: Рекомендовано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського як навчальний посібник для здобувачів ступеня бакалавра за освітньою програмою «Теплоенергетика та теплоенергетичні установки електростанцій» спеціальності 144«Теплоенергетика». Електронне мережне навчальне видання/ уклад. Боженко М.Ф. – Київ, 2022. – 68 с.

Інформаційні ресурси:

1. Кампус "КПІ ім Ігоря Сікорського" <http://login.kpi.ua/>
2. Науково-технічна бібліотека НТУУ "КПІ" <http://library.kpi.ua/>

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Лекційні заняття.

Розділ 1. Підготування палив до спалювання.

Тема 1.1. Підготування твердого палива до спалювання.

Лекція 1. Основні схеми пилоприготування. Сушка палива.

Особливості спалювання твердого палива у пиловидному стані. Тракт подачі вугілля та пилоприготування. Центральна та індивідуальна схеми пилоприготування. Замкнена і розімкнена схеми сушки палива.

основна: [1], [3], [4].

додаткова: [12].

СРС: Дроблення та сушка твердого палива (основна: [3], [4]; додаткова: [12]).

Лекція 2. Вугільний пил і його властивості. Вуглерозмелювальні млини.

Тонкість розмелювання 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.

основна: [1], [3].

додаткова: [13].

СРС: Аксіальні і тангенціальні молоткові млини. Молотковий млин з гравітаційною шахтою. (додаткова: [13].

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

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

основна: [4];

додаткова: [13]; [14].

СРС: Тепловий розрахунок та визначення сушильної продуктивності вуглерозмельних пристроїв. (додаткова: [14])

Тема 1.2. Підготування рідкого та газоподібного палив.

Лекція 4. Паливне господарство ТЕС при використанні мазуту та природного газу.

Приймальні пристрої мазуту. Технологічна схема підготовки мазуту до згоряння. Газопостачання котельних установок. Газорегуляторні пункти, газорегуляторні установки. Технологічна схема подачі газового палива.

основна: [1], [4]; додаткова: [12]. СРС: Доставка мазуту та газу до котельні. (додаткова: [12])
Розділ 2. Енергетичні та промислові парові котли.
Тема 2.1. Промислові барабанні котли малої та середньої паропродуктивності. Лекція 5. Однобарабанні котли середньої паропродуктивності. Однобарабанні котли: ТП-35У; БГ-35; ГМ-50-14/250; БКЗ-75-39ФБ. Котел високого тиску ТП-170-1. Значення теплових розрахунків парових котлів. основна: [1], [6]; додаткова: [12], [14]. СРС: Двобарабанні котли малої паропродуктивності. (додаткова: [14]).
Тема 2.2. Котли з природною циркуляцією для енергоблоків. Лекція 6. Котли з природною циркуляцією високого тиску. Парові котли на 640 і 670 т/год на 14МПа. Перший котел ТКЗ паропродуктивністю 640 т/год на 14МПа (ТП-100). Серія котлів ТКЗ паропродуктивністю 670т/год на 140кгс/см² (ТГМ-104, ТПЕ-209, ТПЕ-211) для енергоблоків потужністю 200МВт. основна: [1], [2]; додаткова: [12]. СРС. Парові котли на 670 т/год, 14МПа. (додаткова: [8])
Тема 2.3. Прямоточні котли для енергоблоків. Лекція 7. Прямоточні котли надкритичного тиску. Прямоточний паровий котел ПК-33-83СП для енергоблоку потужністю 200МВт. Особливості котлів НКТ. Котли енергоблоків 300МВт, 500МВт, 800МВт, 1200МВт. основна: [1, 2], [11]; додаткова: [13]. СРС. Характеристики котлів: ТПП-210А, ТГМП-314А, ТГМП-344. (основна: [1, 2]; додаткова: [8]) <u>Модульна контрольна робота. Частина 1.</u>
<u>Розділ 3. Системи теплопостачання в Україні.</u>
Тема 3.1 Споживачі теплоти Лекція 8. Сучасний стан та перспективи розвитку котелень 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. Додаткова [10]; [11]; СРС: Норми витрати гарячої води і її розрахунок. додаткова: [14]).
Тема 3.2 Принципові схеми систем теплопостачання. Лекція 9. Теплові навантаження споживачів. Схеми систем теплопостачання. Водяні та парові системи теплопостачання. Проходження реєстрації котельної в органах держнагляду. Умови та вимоги. Регламентуючі документи. Додаткова [11], [12], [14]. СРС: Вибір теплоносія та його параметрів. (додаткова: [14])
<u>Розділ 4. Основне і допоміжне обладнання котельні.</u>
Тема 4.1 Вибір котлоагрегатів. Лекція 10. Вибір котлоагрегатів для котелень. Котли, що застосовуються у котельнях. Парові, водогрійні та комбіновані котли. Вибір та визначення кількості котлів у котельнях. Вибір насосів, димососів та вентиляторів. Основна [1], [5]; додаткова [9]. СРС: Технічні засоби забезпечення безпечних умов праці та роботи котельні. (додаткова:

[14]).

Тема 4.2. Вибір допоміжного обладнання.

Лекція 11. Арматура та допоміжні пристрої котелень.

Типи і призначення живильних насосів для котелень. Трубопроводи та пароводяна арматура в межах котла. Види арматури. Вибір арматури до котла. Запобіжні клапани котла, їх налаштування. Пристрої по очищенню поверхонь нагріву котла.

Основна [1], додаткова [11]

СРС: Призначення зворотного клапану в котлі.

Основна [1].

Розділ 5. Аеродинаміка газоповітряного тракту котла.

Тема 5.1 Методика аеродинамічного розрахунку газового тракту котла.

Лекція 12. Аеродинамічний розрахунок газового тракту котла.

Перелік основних питань: Системи газового тракту котлів. Загальні положення руху реального потоку димових газів. Рівняння Бернуллі для елементарного струменя ідеального газу. Розрахунок втрат на тертя. Розрахунок місцевих втрат тиску та в поперечно омиваних пучках труб. Система з видаленням продуктів згоряння димососом і димовою трубою.

основна: [1], [2], [4].

додаткова: [12].

СРС: Схема газоповітряного тракту пилувугільного котла. Визначення самотяги в котлі. (основна: [1], [2]; додаткова: [12]).

Тема 5.2. Методика аеродинамічного розрахунку повітряного тракту котла.

Лекція 13. Аеродинамічний розрахунок повітряного тракту котла.

Падіння тиску потоку ідеального газу для вертикального елемента тракту. Самотяга елемента повітряного тракту. Перепад повних тисків на ділянці дуттєвого тракту. Розподіл тиску в газоповітряному тракті котельної установки при наддуві та врівноваженій тязі. Динамічний тиск потоку. Визначення коефіцієнту опору тертя. Розрахунок опору тертя трубчастого повітропідігрівника. Місцеві опори. Коефіцієнт опору через раптову зміну перерізу. Коефіцієнт опору дифузора. Коефіцієнт опору поворотів без зміни перерізу. Опір поперечно омиваних пучків гладких труб. Коефіцієнти опору гладкотрубчастих коридорного та шахового пучків.

основна: [1], [4].

додаткова: [12], [13].

СРС: Схема повітряного тракту пилувугільного котла середньої паропроодуктивності. (основна: [3], [4]; додаткова: [12]).

Лекція 14. Методика вибору дуттєвого вентилятора та димосмокту котла.

Завдання та призначення тяго-дуттєвих машин. Конструкції відцентрових та осьових вентиляторів. Регулювання продуктивності вентилятора. Витрата електроенергії на привід вентилятора та димосмокта. Коефіцієнт корисної дії тяго – дуттєвих машин.

Основна: [1-3];

додаткова: [12]

СРС: Призначення і конструкція гідромуфти. Додаткова [12]

Розділ 6. Метал та міцність елементів парових котлів.

Тема 6.1. Умови роботи металу парового котла.

Лекція 15. Вибір металу для елементів котла.

Умови роботи металу котла. Марки металу елементів котла. Вуглецеві сталі. Вплив легуючих елементів на властивості сталей. Низьколеговані, високолеговані сталі, що застосовуються у котлобудуванні. Вплив температури і тиску на властивості котельних сталей.

Основна: [1]; додаткова: [8].

СРС: Чавуни, що використовуються в котлі. (основна: [1])

Тема 6.2. Розрахунки на міцність основних елементів парового котла.

Лекція 16. Метод розрахунку на міцність барабанів та камер (колекторів) котла.

Умови роботи металу барабану котла. 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.

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

СРС: Вплив лазового отвору барабана на товщину стінки. (основна: [1]).

Лекція 17. Метод розрахунку на міцність труб топкових екранів та пароперегрівників котла.

Умови роботи топкових екранів та пароперегрівників котла. Допустиме напруження, температура стінки труби топкового екрану та пароперегрівника. Розрахунок напружень та допустимого тиску. Розрахункова температура стінки труби. Коефіцієнти міцності зварних з'єднань. Температурна розвірка в трубах змійовика пароперегрівника.

Основна: [1], [2]; додаткова: [8], [9].

СРС: Коливання температурних напружень в трубах пароперегрівника. [1], [2].

Лекція 18. Метод розрахунку на міцність труб водяного економайзера котла.

Умови роботи конвективних економайзерів котла. Допустиме напруження, температура стінки труби. Розрахунок напружень та допустимого тиску. Розрахункова температура стінки труби. Коефіцієнти міцності зварних з'єднань труб. Температурна розвірка в трубах змійовика водяного економайзера.

Основна: [1], [2]; додаткова: [8], [9].

СРС: Визначення середньої температури стінки труби конвективного економайзера. [1], [2].

Модульна контрольна робота. Частина 2.

Практичні заняття

Основні завдання циклу практичних занять:

Навчитися виконувати тепловий та аеродинамічний розрахунок парових котлів.

Практичне заняття 1.

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

Література основна: [1], [1]

Література додаткова: [12], [14].

СРС: Вихідні дані для розрахунку конвективних поверхонь нагріву (основна: [1]; додаткова: [12], [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: [12], [14], [15].

СРС: Методика розрахунку фестона (додаткова: [12], [14], [16]).

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: [12], [13], [14].

СРС: Методика розрахунку пароперегрівача (додаткова: [12]; [13]; [14]).

Практичне заняття 4.

Розрахунок теплосприйняття повітропідігрівника:

- одноступеневого;
- двоступеневого.

Нев'язка теплового балансу.

Розрахунок теплообміну у повітропідігрівнику. Визначення поверхні нагріву повітропідігрівника.

Література основна: [1].

СРС: Методика розрахунку одноступеневого повітропідігрівника (додаткова: [19]).

Практичне заняття 5.

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

Література основна: [1]; додаткова: [12], [13], [14].

СРС: Методика теплового розрахунку водяного економайзера (додаткова: [11], [13]; [14]).

Практичне заняття 6.

Система газоповітряного тракту котлів з врівноваженою тягою та дуттям. Загальна методика аеродинамічних розрахунків газового та повітряного трактів котла. Вихідні дані для аеродинамічного розрахунку котла. Опір поворотів конвективного газоходу. Аеродинамічний опір конвективного пароперегрівника.

Література основна: [3].

Література додаткова: [14].

СРС: Методика розрахунку опору конвективного пароперегрівача. (основна: [2]; додаткова: [14]).

Практичне заняття 7. Аеродинамічний опір водяного економайзера. Вплив коридорного та шахового розміщення труб на опір водяного економайзера.

СРС: Методика розрахунку аеродинамічного опору водяного економайзера. (основна: [2]; додаткова: [14]).

Практичне заняття 8. Аеродинамічний опір рекуперативного повітропідігрівника. Вплив компоновки труб на опір повітропідігрівника. Відмінність омивання труб з боку газів та труб.

СРС: Методика розрахунку аеродинамічного опору повітропідігрівника. (основна: [2]; додаткова: [14]).

Практичне заняття 9. Вибір дуттєвого вентилятора та димосмокта котла. Розрахунковий

повний тиск вентилятора та димосмокта. Самотяга парового котла. Розрахункова продуктивність вентилятора та димосмокта.

СПС: Методика вибору дуттєвого вентилятора та димосмокта для котла. (основна: [2]; додаткова: [14]).

Лабораторні заняття.

Основні завдання циклу лабораторних занять (комп'ютерного практикуму):

Одержання навичок з проведення технічного аналізу твердого енергетичного палива, визначення процентного вмісту водяної пари, виходу летких, зольності, визначення кратності циркуляції, визначення характеристик двофазного потоку та визначення концентрації солей в парі та воді при двоступеневому випаровуванні у барабанному котлі.

№ з/п	Назва лабораторної роботи (комп'ютерного практикуму)
1.	Лабораторна робота 1 – виконується 2 години Визначення вологості в паливі. Завдання на СПС: Підготування протоколу виконання лабораторної роботи 1 у відповідності до навчального посібника [13] - Технічний аналіз твердого палива на лабораторному стенді.
2.	Лабораторна робота 2 – виконується 2 години Визначення зольності палива. Завдання на СПС: Підготування протоколу виконання лабораторної роботи 2 у відповідності до навчального посібника [13] - Технічний аналіз твердого палива :
3.	Лабораторна робота 3 - виконується 2 години Визначення виходу летких речовин. Завдання на СПС: Підготування протоколу виконання лабораторної роботи 3 у відповідності до навчального посібника [13] - Технічний аналіз твердого палива на лабораторному стенді
4.	Лабораторна робота 4 - виконується 2 години Визначення гідравлічної характеристики опускних труб контуру природної циркуляції в барабанному котлі. Завдання на СПС: Підготування протоколу виконання лабораторної роботи 5 у відповідності до навчального посібника [13] - Дослідження природної циркуляції парового котла на лабораторному стенді
5.	Лабораторна робота 5 - виконується 2 години Визначення кратності циркуляції котла. Завдання на СПС: Підготування протоколу виконання лабораторної роботи 6 у відповідності до навчального посібника [13] - Дослідження природної циркуляції парового котла на лабораторному стенді
6.	Лабораторна робота 6 - виконується 2 години Визначення характеристик двофазного потоку на повітряно-водяному стенді. Завдання на СПС: Підготування протоколу виконання лабораторної роботи 6 у відповідності до навчального посібника [13] - Дослідження двофазового потоку в підйомних трубах котла на лабораторному стенді
7	Лабораторна робота 7 - виконується 2 години Визначення концентрації хлоридів у воді Завдання на СПС: Підготування протоколу виконання лабораторної роботи 7 у відповідності до навчального посібника [13] - Дослідження води на наявність хлоридів на лабораторному стенді.
8	Лабораторна робота 8 - виконується 2 години Визначення концентрації солей в парі та воді при двоступеневому випаровуванні в барабанному котлі.

	Завдання на СРС : Підготування протоколу виконання лабораторної роботи 8 у відповідності до навчального посібника [13] – Дослідження одно та двоступеневого випаровування в барабанному котлі на лабораторному стенді.
9	Захист звітів з лабораторних робіт – 2 години

6. Самостійна робота студента.

Під час вивчення навчальної дисципліни видами самостійної роботи є підготовка до аудиторних занять (лекційних, практичних). Полягає в опануванні питань, що винесені на самостійне опрацювання та підготовки конспектів. Перелік питань наведений у таблиці п.5, що визначають зміст лекційних та практичних. Час на їх підготовку подано нижче.

№ з/п	Назва теми, що виноситься на самостійне опрацювання	Кількість годин СРС
1.	Підготування твердого палива до спалювання.	4
2.	Підготування рідкого та газоподібного палив.	2
3.	Промислові барабанні котли малої та середньої паропродуктивності.	4
4.	Котли з природною циркуляцією для енергоблоків.	2
5.	Прямоточні котли для енергоблоків.	2
6.	Споживачі теплоти	2
7.	Принципові схеми систем теплопостачання.	2
8.	Вибір котлоагрегатів.	2
9.	Вибір допоміжного обладнання.	2
10.	Методика аеродинамічного розрахунку газового тракту котла.	2
11.	Методика аеродинамічного розрахунку повітряного тракту котла.	4
12.	Розрахунки на міцність основних елементів парового котла..	2
13.	Вихідні дані для розрахунку конвективних поверхонь нагріву	2
14.	Методика теплового розрахунку фєстона.	2
15.	Методика теплового розрахунку пароперегрівача.	2
16.	Методика теплового розрахунку одноступеневого повітропідігрівника.	2
17.	Методика теплового розрахунку водяного економайзера.	2
18.	Методика розрахунку опору конвективного пароперегрівача	2
19.	Методика розрахунку аеродинамічного опору повітропідігрівника.	2
20.	Методика вибору дуттєвого вентилятора та димосмокту для котла.	2
21.	Підготовка протоколів до лабораторних занять.	9
22.	Підготовка до МКР.	8
23.	Підготовка до екзамену.	30
Всього		93

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Академічна доброчесність

Політика та принципи академічної доброчесності визначені у розділі 3 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Детальніше: <https://kpi.ua/code>

Норми етичної поведінки

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>

Відвідування занять

Відвідування лекцій та консультацій не оцінюється. Однак, студентам рекомендується їх відвідувати, оскільки на них викладається теоретичний матеріал, необхідний для виконання лабораторних та самостійних робіт.

Процедура оскарження результатів контрольних заходів

Студенти мають можливість підняти будь-яке питання, яке стосується процедури контрольних заходів та очікувати, що воно буде розглянуто згідно із наперед визначеними процедурами (згідно "Положення про систему забезпечення якості вищої освіти у Національному технічному університеті України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», "Положення про організацію навчального процесу").

Дотримання положень «Кодексу честі КПІ ім. Ігоря Сікорського» (розділи 2 та 3)

Співпраця студентів у розв'язанні проблемних завдань дозволена, але відповіді кожний студент захищає самостійно. Взаємодія студентів під час заліку категорично забороняється і будь-яка така діяльність буде вважатися порушенням академічної доброчесності згідно принципів університету щодо академічної доброчесності.

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

Види контролю знань студента з дисципліни:

- опитування.
- захист лабораторних робіт;
- виконання МКР (дві частини);
- відповідь на екзамені;
- календарний контроль.

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

- 1) виконання та захист лабораторних робіт, а також відповіді при опитуванні;
- 2) виконання МКР;
- 3) відповідь на екзамені.

Система рейтингових балів та критерії оцінювання

1. Лабораторні заняття

Ваговий бал кожної лабораторної роботи — 4. Максимальна кількість балів студента за вісім лабораторних робіт: $r_{\text{лаб}} = 4 \text{ бали} \times 8 = \mathbf{32 \text{ бали}}$.

Критерії оцінювання:

Оцінка за захист звіту з лабораторної роботи складається з двох частин: **2 бали** студент отримує за допуск до виконання лабораторної роботи і **2 бали** за умови правильно оформленого протоколу, вірної обробки даних і своєчасного захисту роботи.

2. Модульна контрольна робота.

Під час семестру виконується модульна контрольна робота, яка складається з двох частин: **по 5 балів** за кожну частину, сумарно **10 балів**.

Критерії оцінювання МКР по кожній частині:

- правильна відповідь, глибоке розкриття питання — 5 бали;
- не достатньо повне розкриття питань — 3...4 бали.

– неправильна відповідь чи питання не розкрито – 0...2 балів.

3. Завдання, що винесені на самостійну роботу

Максимальна кількість балів студента за 20 завдань (завдання СРС видаються після лекції, строк задачі завдання – не пізніше ніж через тиждень): $r_{\text{СРС}} = 8$ балів.

Виконане завдання надається викладачу у вигляді конспекту, виконання завдань СРС обов'язкове. Критерії оцінювання:

8 балів — повно, вірно і вчасно виконані всі завдання; **4...7 балів** - неповна відповідь на завдання, з несуттєвими недоліками; **0...3 бали** - наявність суттєвих помилок в неповній відповіді або відсутність виконаного завдання чи завдань, не зараховано.

Також завдання на самостійну роботу студентів пов'язані з підготовкою завдань у відповідності до лабораторних робіт, підготовкою до МКР та екзамену. Рівень знань студента, що стосується його підготовки до лабораторних робіт, МКР та екзамену безпосередньо оцінюється під час здачі у відповідності до критеріїв їх оцінювання.

4. Екзаменаційна робота

Екзаменаційна робота складається з трьох теоретичних питань, двох (по 15 балів) та одного (20 балів). Тобто, максимальна кількість балів за виконану екзаменаційну роботу становить 50 балів.

(1) Критерії оцінювання першого та другого теоретичного питання залікової роботи:

- повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 15 балів;
- достатньо повна відповідь (не менше 70% потрібної інформації, або незначні неточності) – 12...14 балів;
- неповна відповідь, з помилками (не менше 60% потрібної інформації та деякі помилки) – 6...11 балів;
- незадовільна відповідь, або її відсутність (менше 60% потрібної інформації та помилки) – менше 5 балів.

(2) Критерії оцінювання третього питання екзаменаційної роботи:

- повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 20 балів;
- достатньо повна відповідь (не менше 70% потрібної інформації, або незначні неточності) – 13...19 балів;
- неповна відповідь, з помилками (не менше 60% потрібної інформації та деякі помилки) – 6...12 балів;
- незадовільна відповідь, або її відсутність (менше 60% потрібної інформації та помилки) – менше 6 балів.

Розрахунок шкали рейтингу з дисципліни (R_D)

Сума основних рейтингових балів відповідає рейтинговій шкалі (**100 балів**) з них **50 балів** складає стартова шкала. Необхідною умовою допуску до екзамену є позитивна оцінка з виконання всіх завдань та стартовий рейтинг не менше 25 балів.

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

$$R_C = r_{\text{пз}} + r_{\text{МКР}} + r_{\text{РР}} + r_{\text{СРС}}.$$

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

Максимально можливий стартовий рейтинг:

$$R_C = 32 (\text{ЛР}) + 10 (\text{МКР}) + 8 (\text{СРС}) = 50 \text{ балів.}$$

Система оцінки успішності за видами занять і завдань з кредитного модуля згідно з робочою навчальною програмою:

	кількість	бали	Сума балів
--	-----------	------	------------

МКР	1	дві частини МКР	5x2	10
ЛР	1	виконання	4x8	32
СРС	20	виконання	8	8
Сума вагових балів контрольних заходів R_c				50

Сума рейтингових балів за семестр складається зі стартової і екзаменаційної складової і розраховується за формулою:

$$R = 32 \text{ (ЛР)} + 10 \text{ (МКР)} + 8 \text{ (СРС)} + 50 \text{ (екзамен)} = 100 \text{ балів.}$$

Сума стартових балів і балів за екзаменаційну роботу переводиться до екзаменаційної оцінки згідно з таблицею.

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 студентом умов допуску до заліку. Студентам, які набрали фактичний стартовий рейтинг не менший, ніж 0,9 від максимально можливого (тобто $R_c = 45$), 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

- оцінка за 100–бальною шкалою (R);
- сума балів, набраних студентом продовж семестру (R_i);
- максимальна сума вагових балів контрольних заходів продовж семестру (R_c);
- бал допуску до екзамену (R_D).

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», служби Telegram. 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 10 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.

В умовах дистанційного режиму навчання та/або навчання в умовах правового режиму воєнного стану можливе проведення МКР та залікової роботи у вигляді тестування на платформі дистанційного навчання «Сікорський».

Перелік питань до екзамену

№ з/п	Питання	Бали
1.	Особливості перерозподілу поверхонь нагріву зі збільшення тиску в барабані котла. (TS діаграма , діаграма Моллієра).	15
2.	Підготовка твердого палива до розмелу у млинах.	15
3.	Центральна і індивідуальна система пилеприготування.	15
4.	Сушка палива. Схеми сушки. Недоліки використання розімкненої схеми сушки та економічна доцільність її використання.	15
5.	Розмол палива. Зернова характеристика пилу. Визначення оптимальної тонкості помелу вугілля. Коефіцієнт розмелоздібності.	15
6.	Вибір млина та системи пилеприготування.	15
7.	Жаротрубні котли. Димогарні котли. Локомотивний котел.	15
8.	Технологічна схема подачі газового палива.	15
9.	Технологічна схеми подачі рідкого палива.	15
10.	Технологічні схеми подачі твердого палива.	15
11.	Схеми компоновки паро-водогрійних котлів.	15
12.	Горизонтально- водотрубні котли. Історія будови.	15
13.	Вертикально водотрубні котли. Історія будови. (двобарбанні, трибарбанні, чотирьох барабанні котли).	15
14.	Будова сучасних барабанних котлів малого та середнього тиску.	15
15.	Особливості конструкції та роботи прямоточних котлів.	15
16.	Особливості конструкції та роботи барабанних котлів з примусовою циркуляцією.	15
17.	Конструкція та призначення вугільних млинів.	15
18.	Конструкція та призначення грохота.	15
19.	Прямоточні котли. Особливості їх роботи.	15
20.	Топкові екрани прямоточних котлів.	15
21.	Системи пилоприготування з кулько-барабанними млинами.	15

22.	Системи пилоприготування з молотковими млинами.	15
23.	Водогрійний котел КВ-ГМ-180-150.	20
24.	Водогрійний котел ПТВМ-50.	20
25.	Паровий котел Е-50-14ГМ	20
26.	Паровий котел ДЕ-25-14ГМ	20
27.	Паровий котел марки Е-1/9-1.	20
28.	Паровий котел Б-50-40.	20
29.	Котли типу ДКВР.	20
30.	Паровий котел БКЗ-75-39ФБ.	20
31.	Котли типу Е(КЕ).	20
32.	Котел паровий БКЗ-75-39ГМА.	20
33.	Котел паровий ТП-35У	20
34.	Газоповітряний тракт котла, що працює при врівноваженій тязі.	15
35.	Газоповітряний тракт котла, що працює з наддувом.	15
36.	Види опорів газоповітряного тракту.	15
37.	Матеріали поверхні нагріву, їх обмеження по температурам. Види температурної корозії. Температурна втома металу.	15
38.	Котельні пароохолоджувачі, їх типи та призначення.	15

Перелік питань до модульної контрольної роботи (Частина 1)

1. Підготування твердого палива до спалювання.
2. Підготування рідкого та газоподібного палив.
3. Промислові барабанні котли малої та середньої паропроductивності.
4. Котли з природною циркуляцією для енергоблоків.
5. Прямоточні котли для енергоблоків.
6. Споживачі теплоти.
7. Принципові схеми систем теплопостачання.
8. Вибір котлоагрегатів.
9. Вибір допоміжного обладнання.
10. Методика аеродинамічного розрахунку газового тракту котла.

Перелік питань до модульної контрольної роботи (Частина 2)

1. Вихідні дані для розрахунку конвективних поверхонь нагріву.
2. Методика теплового розрахунку фєстона.
3. Методика аеродинамічного розрахунку повітряного тракту котла.
4. Розрахунки на міцність основних елементів парового котла.
5. Методика теплового розрахунку одноступеневого повітропідігрівника.
6. Методика теплового розрахунку пароперегрівача.
7. Методика теплового розрахунку водяного економайзера.
8. Методика розрахунку опору конвективного пароперегрівача.
9. Методика розрахунку аеродинамічного опору повітропідігрівника.
10. Методика вибору дуттєвого вентилятора та димосмокта для котла.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено к.т.н., доцентом, Рогачовим Валерієм Андрійовичем

Ухвалено кафедрою Атомної енергетики

(протокол №26 від 23. 06. 2025)

Погоджено Методичною комісією Навчально-наукового інституту атомної та теплової енергетики

(протокол № 9 від 27.06. 2025)