

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ІННОВАТИКИ,
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ ТА ІНФРАСТРУКТУРИ**

ЗАТВЕРДЖУЮ

Директор навчально-наукового інституту
інноватики, природокористування та
інфраструктури

Василь БРИЧ

_____ 2023 р.

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. проректора з науково-
педагогічної роботи

Віктор ОСТРОВЕРХОВ

_____ 2023 р.

ЗАТВЕРДЖУЮ

Директор навчально-наукового
інституту новітніх освітніх технологій
Святослав ПИТЕЛЬ

_____ 2023 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА

з дисципліни **«Парові, водогрійні, опалювальні котли та
теплогенератори»**

ступінь вищої освіти – перший (бакалаврський) рівень

галузь знань – 14 «Електрична інженерія»

спеціальність – 141 «Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка»

освітньо-професійна програма «Енергетичний аудит»

Кафедра бізнес-аналітики та інноваційного інжинірингу

Форма навчання	Курс	Семестр	Лекції (год.)	Практ. заняття (год.)	ІРС, год.	Тренінг і КПІЗ (год.)	Самост. робота студ., (год.)	Разом, (год.)	Екзамен, (сем.)
Денна	II	4	28	28	3	8	83	150	4
Заочна	II	4	8	4	-	-	138	150	4

Тернопіль – ЗУНУ
2023

31.08.2023
[Signature]

Робоча програма складена на основі освітньо-професійної програми підготовки бакалавр галузі знань 14 «Електрична інженерія» спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», затвердженої Вченою радою ЗУНУ, протокол № 9 від 15 червня 2022 р.

Робочу програму склав доцент кафедри, к.е.н., доцент,
Микола ГОРЛАЧУК

Робоча програма затверджена на засіданні кафедри бізнес-аналітики та інноваційного інжинірингу, протокол № 1 від 28 серпня 2023 р.

Завідувач кафедри,
д.е.н., професор

Руслан БРУХАНСЬКИЙ

Розглянуто та схвалено групою забезпечення спеціальності «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», протокол № 1 від 30 серпня 2023 р.

Керівник групи
забезпечення спеціальності,
д.е.н., професор

Петро ПУЦЕНТЕЙЛО

Гарант ОПІ
«Енергетичний аудит»,
д.е.н., професор

Петро ПУЦЕНТЕЙЛО

СТРУКТУРА РОБОЧОЇ ПРОГРАМИ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ «Парові, водогрійні, опалювальні котли та теплогенератори»

1. Опис дисципліни

Дисципліна – «Парові, водогрійні, опалювальні котли та теплогенератори»	Галузь знань, спеціальність, ступінь вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни
Кількість кредитів ECTS: - 5	Галузь знань 14 «Електрична інженерія»	Статус дисципліни – дисципліна циклу професійної підготовки Мова навчання – українська
Кількість залікових модулів <i>Денна форма навчання</i> – 4	Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»	Рік підготовки – 2 <i>Денна – 2</i> Семестр: <i>Денна – 4</i>
Кількість змістових модулів – 2	Ступінь вищої освіти – бакалавр	Лекції: <i>Денна – 28 год.</i> Практичні заняття: <i>Денна – 28 год.</i>
Загальна кількість годин -150	Освітньо-професійна програма: «Енергетичний аудит».	Самостійна робота: <i>Денна – 83, у тому числі тренінг – 8.</i> Індивідуальна робота <i>Денна – 3</i>
Тижневих годин <i>денна форма - 11</i> <i>з них аудиторних:- 4</i>		Вид підсумкового контролю – екзамен

2. Мета і завдання дисципліни

«Парові, водогрійні, опалювальні котли та теплогенератори»

2.1 Мета дисципліни

Мета вивчення навчальної дисципліни «Парові, водогрійні, опалювальні котли та теплогенератори» полягає у формуванні в студентів системи компетенцій, спрямованих на формування знань у сфері виробництва теплової енергії, будови і експлуатації котлів, парогенераторів та котельних установок в умовах енергозбереження і захисту довкілля, а також навичок виконання необхідних розрахунків теплотехнічного характеру щодо вибору і комплектації основного та допоміжного обладнання котельних установок. Освоєння дисципліни дозволить майбутнім фахівцям самостійно вирішувати питання, пов'язані з професійною експлуатацією і налагоджуванням котлоагрегатів як промислових ТЕЦ, так і опалювальних котелень.

Однією з основних проблем сучасного розвитку України є надійне

забезпечення потреб господарського комплексу в енергетичних ресурсах на базі науково-технічного прогресу та розвитку концепції активного енергозбереження. Важливу роль у вирішенні цієї задачі відіграє підготовка кваліфікованих інженерних фахівців, здатних ефективно використовувати теплоенергетичні установки і системи в галузі виробництва та технології, формування наукового мислення, що неможливо без засвоєння необхідного обсягу теоретичних знань при вивченні законів перетворення теплової енергії, процесів тепло- і масопереносу в ході виробничої діяльності.

Базові знання і навички, одержані при вивченні даної дисципліни будуть використовуватися студентами при вивченні та засвоєнні інших спеціальних дисциплін.

2.2. Завдання вивчення дисципліни

Основними завданнями вивчення дисципліни «Парові, водогрійні, опалювальні котли та теплогенератори» є:

- отримання знань і розуміння для визначення, формулювання і вирішення завдань щодо перетворення теплової енергії в теплоенергетичних системах;
- засвоєння знань основних законів перетворення теплоти у роботу, передачі теплоти, роботи з теплотехнічними пристроями, устаткуванням на рівні вмінь, що достатні для практичної діяльності за спеціальністю;
- формування навичок застосовувати основні закони термодинаміки та теплопередачі на рівні знань, які необхідні для засвоєння системи взаємозв'язаних профільюючих дисциплін;
- ознайомлення з методами ефективного використання теплоти у сучасних теплоенергетичних установках на рівні уявлення, що розширює професійний кругозір фахівця;
- отримання знань і розуміння теплотехнічної термінології, фізичної сутності та змісту основних законів термодинаміки; методів аналізу ефективності використання теплоти котельних установок; основних законів теплообміну та передачі теплоти у теплообмінних апаратах на рівні, необхідному для досягнення результатів освітньої програми;
- формування навичок застосовувати інженерні технології, процеси, системи і обладнання відповідно до спеціальності;
- обирати і застосовувати придатні типові аналітичні, розрахункові та експериментальні методи, правильно інтерпретувати результати таких досліджень.

2.3. Найменування та опис компетентностей, формування яких забезпечує вивчення дисципліни:

Дисципліна формує такі фахові компетентності як:

- здатність застосовувати стандартні методи розрахунку при проектуванні схем теплоенергетичних систем, пристроїв, комплексів та устаткування, традиційної та відновлюваної енергетики.
- забезпечувати технічне оснащення робочих місць із розміщенням технологічного обладнання і устаткування теплоенергетичних систем і об'єктів;
- здатність перевіряти технічний стан, організовувати обслуговування та ремонт теплоенергетичних систем, пристроїв, комплексів та устаткування традиційної та відновлюваної енергетики;
- здатність до систематичного вивчення та аналізу науково-технічної інформації, вітчизняного й закордонного досвіду з відповідного профілю підготовки;
- здатність застосовувати стандартизовані методи розрахунку при проектуванні теплоенергетичних систем, пристроїв, технологій та устаткування енергоємних виробництв;
- здатність виявляти, класифікувати і оцінювати ефективність систем і компонентів на основі використання аналітичних методів і методів моделювання в теплоенергетичній галузі;
- здатність використовувати наукову і технічну літературу та інші джерела інформації у професійній діяльності в теплоенергетичній галузі;
- здатність забезпечувати якість в теплоенергетичній галузі;
- здатність генерувати нові ідеї (креативність) при вивченні особливостей функціонування теплоенергетичного обладнання та окремих вузлів в умовах сучасних вимог до енергозбереження та енергоефективності.

2.4. Передумови для вивчення дисципліни

Вивчення дисципліни «Парові, водогрійні, опалювальні котли та теплогенератори» доцільне після оволодіння студентами знаннями з таких дисциплін як фізика, хімія, вища математика, інженерна графіка, термодинаміка та набуття ними відповідних фахових компетенцій.

2.5. Результати навчання

У результаті вивчення дисципліни «Парові, водогрійні, опалювальні котли та теплогенератори» передбачається одержання таких програмних результатів навчання як:

- уміти оцінювати енергоефективність та надійність роботи теплоенергетичних систем;
- знаходити необхідну інформацію в науково-технічній літературі, базах даних та інших джерелах інформації, оцінювати її релевантність та достовірність;
- розуміти значення традиційної та відновлюваної енергетики для успішного економічного розвитку країни;

– демонструвати знання та розуміння фундаментальних, природничих і інженерних дисциплін, зокрема фізики, електротехніки, схемотехніки та мікропроцесорної техніки на рівні, необхідному для аналізу функціонування та безпечної експлуатації теплоенергетичних систем;

– володіти методами організації проведення моніторингу, оцінювання, експертизи енерговикористання та розроблення організаційно-технічних інноваційних заходів, спрямованих на підвищення ефективності енергоспоживання;

– володіти методами техніко-економічного обґрунтування енергоощадних проєктів, організації професійної діяльності і планування в управлінні енергетичними ресурсами;

– володіти методами пошуку, обґрунтування та використання нетрадиційних та відновлюваних інноваційних енергозберігаючих технологій для впровадження на об'єктах енергоспоживання.

3. Зміст дисципліни

«Парові, водогрійні, опалювальні котли та теплогенератори»

Змістовий модуль 1. Основи котельних установок

Тема 1. Вступ. Загальна схема котельної установки та її баланси

Значення котельних установок у системах енергогосподарства промислових підприємств. Задачі дисципліни. Призначення котельних установок. Характеристика і загальні технологічні схеми котельних установок промислових підприємств. Класифікація і маркірування котлів (котли з багаторазовою примусовою циркуляцією, прямооточні котли). Основні параметри котлів. Матеріальний і тепловий баланси котлів. К.к.д. котла і витрата палива. Загальне рівняння теплового балансу. Наявна і корисно витрачена теплота. Втрати теплоти і їх визначення. Самоспоживання енергії і поняття к.к.д. бруто і к.к.д. нетто.

Тема 2. Топкові процеси і обладнання

Класифікація, загальні характеристики і основні показники топок. Способи спалювання твердого палива. Топки для спалювання газу і мазуту. Приготування вугільного пилу, особливості його спалювання. Топки з твердим і рідким шлаковидаленням. Циклонні і вихрові топки. Топки з киплячим шаром.

Тема 3. Поверхні нагріву парових котлів

Випарні поверхні нагрівання. Конструкції топкових екранів і підвищення надійності їх роботи. Запалювальні пояси. Випарні пучки труб. Фестони. Конвективні пароперегрівники. Радіаційні і ширмові пароперегрівники. Компоновка пароперегрівників. Класифікація систем регулювання температури перегріву пари. Пароохолоджувачі. Водяні економайзери, повітропідігрівники, послідовність включення.

Тема 4. Теплообмін і гідродинаміка в елементах котла

Радіаційний теплообмін і вибір кінцевого охолодження газів у топці. Методика розрахунку теплообміну у топці. Теплообмін у напіврадіаційних і конвективних поверхнях нагріву. Методика розрахунку теплопередачі у конвективних поверхнях нагріву. Визначення температурного напору.

Умови надійної роботи елементів котла. Режим, структура й характеристика потоку робочого тіла. Гідродинаміка водогрійних агрегатів. Гідродинаміка в котлах із природньою та багаторазовою примусовою циркуляцією. Гідродинаміка прямоочних котлів. Гідродинаміка водяного економайзера і пароперегрівника.

Змістовий модуль 2. Водний режим котельного агрегату

Тема 5. Водопідготовка

Вода, як технологічна сировина для котельної установки. Показники якості води. Склад природних вод. Нормування якості води для котельних установок. Видалення із води грубодисперсних і колоїдних домішок. Освітлювальні фільтри. Коагуляція води. Обробка води методом іонного обміну. Схеми катіонітових установок. Видалення із води розчинених газів. Закон Генрі. Термічні деаератори атмосферного типу. Двохступінчасті деаератори. Вакуумні деаератори.

Тема 6. Водний режим і якість пари

Фізико-хімічні процеси при генерації пари з живильної води. Механізм і процеси утворення накипу і корозії на поверхнях нагріву. Вимоги до живильної води. Водний режим котлів. Безперервна і періодична продувка. Визначення відсотку продувки. Ступінчасте випаровування. Вимоги до якості пари. Сепарація пари. Сепараційні пристрої. Промивка пари. Внутрішньокотлова обробка води. Кислотні промивки.

Тема 7. Характеристики і конструкції котлів

Характеристика теплової схеми. Теплосприйняття у випарній системі, економайзері й пароперегрівнику. Умови оптимізації теплової схеми котла. Температура газів на виході з топки і температура відхідних газів. Приклади теплової схеми котла з природньою циркуляцією і примусовим рухом робочого тіла. Загальні характеристики, класифікація і конструкції котлів. Прямоточні котли і котли з багаторазовою примусовою циркуляцією.

Котлоагрегати спеціального призначення: водогрійні котли, парогазові установки, котли-утилізатори, енерготехнологічні агрегати.

Тема 8. Експлуатація котельних установок та парогенераторів

Корозія металів і її типи. Тепловий стан труб повітропідігрівника. Золотловлювання. Зовнішні забруднення поверхонь нагрівання. Очищення поверхонь нагрівання. Дробуочищення. Умови роботи та механічні властивості металу елементів котла. Порушення циркуляції пароводяної суміші у випарній системі. Підготовка і пуск у роботу котлоагрегату.

**4. Структура залікового кредиту дисципліни
«Парові, водогрійні, опалювальні котли та теплогенератори»
(денна форма)**

Тема	Кількість, годин, в т.ч.					
	Лекції	Практичні	Самостійна робота	КПЗ і тренінг	Індивідуальна робота студентів	Контрольні заходи
Змістовий модуль «Основи котельних установок»						
Тема 1. Вступ. Загальна схема котельної установки та її баланси	2	2	10	1	-	Поточне оцінювання
Тема 2. Топкові процеси і обладнання	2	2	10	1	-	Поточне оцінювання
Тема 3. Поверхні нагріву парових котлів	4	4	11	1	1	Поточне оцінювання
Тема 4. Теплообмін і гідродинаміка в елементах котла	4	4	11	1		Поточне оцінювання
Модульна робота 1						Письмова робота
Змістовий модуль 2 «Водний режим котельного агрегату»						
Тема 5. Водопідготовка	4	4	10	1	-	Поточне оцінювання
Тема 6. Водний режим і якість пари	4	4	10	1	1	Поточне оцінювання
Тема 7. Характеристики і конструкції котлів	4	4	11	1	-	Поточне оцінювання
Тема 8. Експлуатація котельних установок та парогенераторів	4	4	10	1	1	Поточне оцінювання
Модульна робота 2						Письмова робота
Екзамен						Підсумкове оцінювання
Разом	28	28	83	8	3	

**Структура залікового кредиту дисципліни
«Парові, водогрійні, опалювальні котли та теплогенератори»
(заочна форма)**

Тема	Кількість, годин, в т.ч.		
	Лекції	Практичні	Самостійна робота
Змістовий модуль 1 «Основи котельних установок»			
Тема 1. Вступ. Загальна схема котельної установки та її баланси	1	2	18
Тема 2. Топкові процеси і обладнання	1		18
Тема 3. Поверхні нагріву парових котлів	1		19
Тема 4. Теплообмін і гідродинаміка в елементах котла	1		20
Змістовий модуль 2 «Водний режим котельного агрегату»			
Тема 5. Водопідготовка	1	2	18
Тема 6. Водний режим і якість пари	1		18
Тема 7. Характеристики і конструкції котлів	1		19
Тема 8. Експлуатація котельних установок та парогенераторів	1		20
Разом	8	4	138

5. Тематика практичних занять

Змістовий модуль 1. Основи котельних установок

Практичне заняття 1

Тема: Вступ. Загальна схема котельної установки та її баланси

Мета: ознайомитися з предметом і завданням дисципліни, засвоїти категоріальний апарат, з'ясувати особливості загальної схеми котельної установки та її баланси.

Питання для обговорення:

1. Предмет і завдання дисципліни.
3. Призначення котельних установок.
4. Характеристика і загальні технологічні схеми котельних установок промислових підприємств.
5. Основні параметри котлів. Матеріальний і тепловий баланси котлів.
6. К.к.д. котла і витрата палива.
7. Загальне рівняння теплового балансу. Наявна і корисно витрачена теплота.
8. Втрати теплоти і їх визначення.
9. Самоспоживання енергії і поняття к.к.д. бруто і к.к.д. нетто.

Практичне заняття 2

Тема: Топкові процеси і обладнання

Мета: з'ясувати сутність топкових процесів і перетворення енергії, ознайомитися з обладнанням

Питання для обговорення:

1. Класифікація, загальні характеристики і основні показники топок.
2. Способи спалювання твердого палива.
3. Топки для спалювання газу і мазуту.
4. Приготування вугільного пилу, особливості його спалювання.
5. Топки з твердим і рідким шлаковидаленням.
6. Циклонні і вихрові топки.
7. Топки з киплячим шаром.

Практичне заняття 3

Тема: Поверхні нагріву парових котлів

Мета: ознайомитися з поверхнями нагріву парових котлів, з'ясувати конструкції топкових екранів, засвоїти класифікацію систем регулювання температури перегріву пари.

Питання для обговорення:

1. Випарні поверхні нагрівання.
2. Конструкції топкових екранів і підвищення надійності їх роботи.
3. Запалювальні пояси. Випарні пучки труб. Фестони.
4. Конвективні пароперегрівники. Радіаційні і ширмові пароперегрівники.
5. Класифікація систем регулювання температури перегріву пари.
6. Пароохолоджувачі.
7. Водяні економайзери, повітропідігрівники, послідовність включення.

Практичне заняття 4

Тема: Теплообмін і гідродинаміка в елементах котла

Мета: з'ясувати процеси теплообміну, ознайомитися із методикою розрахунку теплопередачі та визначення температурного напору.

Питання для обговорення:

1. Радіаційний теплообмін і вибір кінцевого охолодження газів у топці.
2. Методика розрахунку теплообміну у топці.
3. Теплообмін у напіврадіаційних і конвективних поверхнях нагріву.
4. Методика розрахунку теплопередачі у конвективних поверхнях нагріву.
5. Визначення температурного напору.
6. Умови надійної роботи елементів котла. Режим, структура й характеристика потоку робочого тіла.
7. Гідродинаміка водогрійних агрегатів.
8. Гідродинаміка в котлах із природньою та багаторазовою примусовою циркуляцією.
9. Гідродинаміка прямооточних котлів.
10. Гідродинаміка водяного економайзера і пароперегрівника.

Змістовий модуль 2. Водний режим котельного агрегату

Практичне заняття 5

Тема: Водопідготовка

Мета: з'ясувати умови підготовки води як технологічної сировини для котельної установки, ознайомитися показниками якості води та способами її обробки.

Питання для обговорення:

1. Вода як технологічна сировина для котельної установки.
2. Показники якості води. Склад природних вод.
3. Нормування якості води для котельних установок. Видалення із води грубодисперсних і колоїдних домішок.
4. Освітлювальні фільтри. Коагуляція води.
5. Обробка води методом іонного обміну. Схеми катіонітових установок.
6. Видалення із води розчинених газів.
7. Закон Генрі.
8. Термічні деаератори атмосферного типу.

Практичне заняття 6

Тема: Водний режим і якість пари

Мета: з'ясувати основні фізико-хімічні процеси при генерації пари з живильної води, ознайомитися з механізмом і процесами утворення накипу і корозії на поверхнях нагріву.

Питання для обговорення:

1. Фізико-хімічні процеси при генерації пари з живильної води.
2. Механізм і процеси утворення накипу і корозії на поверхнях нагріву.
3. Водний режим котлів.
4. Безперервна і періодична продувка. Визначення відсотку продувки.
5. Ступінчасте випаровування. Вимоги до якості пари.

6. Сепарація пари. Сепараційні пристрої. Промивка пари.
7. Внутрішньокотлова обробка води.
8. Кислотні промивки.

Практичне заняття 7

Тема: Характеристики і конструкції котлів

Мета: з'ясувати характеристику теплової схеми, ознайомитися з умовами оптимізації теплової схеми котла, загальними характеристиками, класифікацією і конструкцією котлів.

Питання для обговорення:

1. Характеристика теплової схеми.
2. Теплосприйняття у випарній системі, економайзері й пароперегрівнику.
3. Умови оптимізації теплової схеми котла.
4. Температура газів на виході з топки і температура відхідних газів.
5. Техніко-економічні показники і ККД парових котлів.
6. Прямоточні котли і котли з багаторазовою примусовою циркуляцією.
7. Визначення економічності котельного агрегату.
6. Котлоагрегати спеціального призначення.

Практичне заняття 8

Тема: Експлуатація котельних установок та парогенераторів

Мета: ознайомитися з правилами експлуатаціями котельних установок і парогенераторів, з'ясувати умови роботи та механічні властивості металу елементів котла, підготовки і пуску у роботу котлоагрегату.

Питання для обговорення:

1. Корозія металів і її типи.
2. Тепловий стан труб повітропідігрівника. Золотловлювання.
3. Зовнішні забруднення поверхонь нагрівання.
4. Очищення поверхонь нагрівання. Дробуочищення.
5. Дробуочищення. Умови роботи та механічні властивості металу елементів котла.
6. Порушення циркуляції пароводяної суміші у випарній системі.
7. Підготовка і пуск у роботу котлоагрегату/

6. Комплексне практичне індивідуальне завдання з дисципліни «Парові, водогрійні, опалювальні котли та теплогенератори»

Згідно зі структурою навчального кредиту дисципліни «Парові, водогрійні, опалювальні котли та теплогенератори» передбачається виконання комплексного практичного індивідуального завдання (КПЗ). Захищене і зараховане завдання є допуском студента до здачі іспиту з курсу. КПЗ виконується студентом особисто в окремому робочому зошиті. Мета виконання (КПЗ) – закріплення теоретичних основ економіки та організації енергетичного виробництва, оволодіння методикою та практичними навичками розподілу і споживання енергетичних ресурсів, планування діяльності, розрахунку ефективності та організації виробничої діяльності підприємств енергетичної галузі.

КПЗ побудоване у вигляді теоретичних і практичних завдань за основними темами курсу з використанням реальних ситуацій господарської практики. Кожен студент виконує свій варіант завдання.

Теоретичне завдання. За допомогою пакету програми Power Point (MS OFFICE) графічно відобразити і розкрити теоретичне питання згідно запропонованого варіанта (15-20 слайдів на кожне питання).

Практичне завдання. Задачі слід розв'язувати самостійно, пояснюючи розв'язання необхідними формулами й розрахунками. Зроблені до кожної задачі техніко-економічні розрахунки повинні супроводжуватися висновками про можливі причини відхилень параметрів, пропозиціями щодо покращання ефективності діяльності.

Для кращого засвоєння курсу та якісного виконання роботи рекомендується така послідовність опрацювання.

1. Ознайомлення з навчальною програмою, змістом теми та методичними вказівками щодо вивчення матеріалу.

2. Опрацювання конспекту лекції за темою.

3. Робота над розділом посібника чи підручника, що стосується теми.

4. Розв'язання задач згідно з визначеними для всіх варіантів завданнями.

При виконанні КПЗ необхідно дотримуватись таких вимог:

– КПЗ слід виконати та подати у встановлені кафедрою терміни.

– Задачі розв'язувати у визначеній послідовності.

– Перед розв'язуванням задач повністю подати їх умови.

– Завдання, в яких вказані лише відповіді без розрахунків і пояснень, вважатимуться не виконаними.

– Роботи, списані частково або повністю, не зараховуватимуться.

– КПЗ слід відповідно оформити: записи здійснювати охайно, сторінки скріпити і пронумерувати, залишити поля для зауважень рецензента, навести перелік використаної літератури.

– У кінці роботи слід поставити особистий підпис та дату її виконання.

У разі неможливості студента самостійно виконати КПЗ через труднощі, що виникли у процесі засвоєння навчального матеріалу, слід звернутися на кафедру за консультацією. При цьому слід конкретизувати, що саме не зрозуміло, якими літературними джерелами студент користувався.

7. Самостійна робота студентів з дисципліни «Парові, водогрійні, опалювальні котли та теплогенератори»

Основним завданням самостійної роботи студентів є опрацювання спеціальної літератури та оволодіння теоретико-методичними та прикладними аспектами основ термодинаміки і теплотехніки.

Денна форма навчання

№	Тематика самостійної роботи	Кількість годин
Змістовий модуль 1. Основи котельних установок		
1	Вступ. Загальна схема котельної установки та її баланси	10
2	Топкові процеси і обладнання	10
3	Поверхні нагріву парових котлів	11
4	Теплообмін і гідродинаміка в елементах котла	11
Змістовий модуль 2. Водний режим котельного агрегату		
5	Водопідготовка	10
6	Водний режим і якість пари	10
7	Характеристики і конструкції котлів	11
8	Експлуатація котельних установок та парогенераторів	10
	Разом	83

Заочна форма навчання

№	Тематика самостійної роботи	Кількість годин
Змістовий модуль 1. Основи котельних установок		
1	Вступ. Загальна схема котельної установки та її баланси	18
2	Топкові процеси і обладнання	18
3	Поверхні нагріву парових котлів	19
4	Теплообмін і гідродинаміка в елементах котла	20
Змістовий модуль 2. Водний режим котельного агрегату		
5	Водопідготовка	18
6	Водний режим і якість пари	18
7	Характеристики і конструкції котлів	19
8	Експлуатація котельних установок та парогенераторів	20
	Разом	138

8. Організація і проведення тренінгу з дисципліни «Парові, водогрійні, опалювальні котли та теплогенератори» Тематика: Робота з теплотехнічними показниками та їх розрахунками

Методична доцільність проведення тренінгу полягає у забезпеченні студентів знаннями і навичками, які в подальшому можуть використовуватися при вирішенні комплексних спеціалізованих задач і практичних проблем, пов'язаних із експлуатацією енергетичного і теплотехнологічного обладнання у майбутній професійній діяльності.

У процесі проведення тренінгу студентам пропонуються ситуації, у яких вони зможуть продемонструвати набуті знання і вміння аналізувати технічні, інженерні та організаційні параметри діяльності теплотехнічного виробництва, застосовувати методи розрахунку в умовах практичного використання енергетичного і теплотехнологічного обладнання, застосовувати прогресивні методи використання теплотехнологічного обладнання для об'єктів енергетики, промисловості і транспорту, комунально-побутового та аграрного секторів економіки.

9. Засоби оцінювання та методи демонстрування результатів навчання

У процесі вивчення дисципліни «Парові, водогрійні, опалювальні котли та теплогенератори» використовуються наступні засоби оцінювання та методи демонстрування результатів навчання:

- поточне опитування і тестування;
- підсумкове тестування у розрізі змістових модулів;
- презентації результатів виконаних досліджень;
- оцінювання результатів розв'язування задач;
- оцінювання результатів ректорської контрольної роботи;
- оцінювання комплексного практичного індивідуального завдання (у тому числі проходження тренінгу);
- оцінювання результатів самостійної роботи студентів;
- виступи та презентації на наукових заходах;
- екзамен.

Політика оцінювання

Політика щодо граничних термінів і перескладання: Для виконання індивідуальних завдань і проведення контрольних заходів встановлюються конкретні терміни. Перескладання модулів відбувається з дозволу керівництва факультету (інституту) за наявності поважних причин (наприклад, лікарняний).

Політика щодо відвідування: Відвідування занять є обов'язковим. За об'єктивних причин (наприклад, карантин, воєнний стан, хвороба, закордонне стажування) навчання може відбуватись в он-лайн формі за погодженням із керівником курсу.

10. Критерії, форми поточного та підсумкового контролю

Підсумковий бал (за 100-бальною шкалою) з дисципліни «Парові, водогрійні, опалювальні котли та теплогенератори» визначається як середньозважена величина, залежно від питомої ваги кожної складової залікового кредиту:

Структура залікового кредиту для студентів (екзамен) %:

Заліковий модуль 1	Заліковий модуль 2	Заліковий модуль 3 (КПЗ і Тренінг)	Заліковий модуль 4 (екзамен)	Разом
20%	20%	20%	40%	100%
1. Усне опитування на заняттях: 4 теми по 5 балів – мах 20 балів. 2. Письмова робота – мах 80 балів.	1. Усне опитування на заняттях: 4 теми по 5 балів – мах 20 балів. 2. Письмова робота – мах 80 балів.	1. Підготовка КПЗ – мах 40 балів. 2. Захист КПЗ – мах 40 балів. 3. Участь у тренінгах – мах 20 балів.	1. Тестові завдання (10 тестів по 3 бали) – мах 30 балів. 2. Теоретичне питання – мах 30 балів. 3. Задачі (2 задачі по 20 балів) мах 40 балів.	

Шкала оцінювання:

За шкалою ЗУНУ	За національною шкалою	За шкалою ECTS
90–100	Відмінно	A (відмінно)
85–89	Добре	B (дуже добре)
75–84		C (добре)
65–74	Задовільно	D (задовільно)
60–64		E (достатньо)
35–59	Незадовільно	FX (незадовільно з можливістю повторного складання)
1–34		F (незадовільно з обов'язковим повторним курсом)

11. Інструменти, обладнання та програмне забезпечення, використання яких передбачає дисципліна

№	Найменування	Номер теми
1.	Мультимедійний проектор	1-8
2.	Екран проєкційний	1-8
	Комп'ютеризована аудиторія, доступ до мережі Інтернет	1-8
3.	Базове програмне забезпечення: ОС Windows 10 – згідно ліцензії Microsoft IT Academy та Microsoft DreamSpark for Students. Стандартне програмне забезпечення базових інформаційних технологій: MS Office (Excel), телекомунікаційне програмне забезпечення (Internet Explorer, Opera, Google Chrome, Firefox, ZOOM, MOODLE, Viber)	1-8
4.	Форми звітності суб'єктів господарювання	1-8

РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ

1. Джеджула В.В. Енергозбереження промислових підприємств: методологія формування, механізм управління. Монографія: Вінниця, ВНТУ, 2014. 346 с.
2. Дослідження кривої пружності водяної пари при малих тисках/ Укл. В.В. Дубровська, В.І. Шкляр. Київ: НТУУ «КПІ», 2016. 28 с. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/28306>.
3. Драганов Б.Х. Теплотехніка: підручник. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. 255 с.
4. Драганов Б.Х., Долінський А.А., Міщенко А.В. Теплотехніка: Підручник. Київ: «ІНКОС», 2005. 504 с.
5. Дубровська В. В. Термодинаміка та теплообмін: навчальний посібник. Київ: НТУУ «КПІ», 2016. 150 с.
6. Константинов С.М., Панов Є.М. Теоретичні основи теплотехніки: Підручник. Київ: «Золоті ворота», 2012. 592 с.
7. Краснянський М.Ю. Енергозбереження: навчальний посібник. Київ: Видавничий дім «Кондор», 2018. 136 с.
8. Основи енерго- і ресурсозбереження: навчальний посібник / Канюк Г.І., Пугачова Т.М., Без'язичний В.Ф., Близниченко О.М., Шматков Д.І. Харків: Друкарня «Мадрид», 2016. 230 с.
9. Про схвалення Енергетичної стратегії України на період до 2035 року «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність»: розпорядження Кабінету Міністрів України від 18 серп. 2017 р. № 605-р. Режим доступу: <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/605-2017-%D1%80>
10. Степанов Д. В. Котельні установки промислових підприємств: навч. посібник. Вінниця: ВНТУ, 2014. 346 с.
11. Тепловіддача горизонтальної труби при вільному русі повітря/ Укл. В.В.Дубровська, В.І. Шкляр. Київ: НТУУ «КПІ», 2015. 24 с. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/28307>
12. Чепурний М.М., Степанов Д.В., Корженко Є.С. Теплові розрахунки парогенераторів: навчальний посібник. Вінниця: ВНТУ, 2016. 155 с.
13. Alobaid F. Numerical Simulation for Next Generation Thermal Power Plants. Springer, 2018. 454 p.
14. American Society of Civil Engineers. Structural Design of Air and Gas Ducts for Power Stations and Industrial Boiler Applications. 2nd edition. American Society of Civil Engineers, 2020. 280 p.
15. Application of Film Forming Substances in Industrial Steam Generators. Banff: The International Association for the Properties of Water and Steam, 2019. 58 p.

16. Basu P. *Circulating Fluidized Bed Boilers: Design, Operation and Maintenance* Cham; Heidelberg; New York; Dordrecht; London: Springer, 2015. XV, 366 p.
17. Basu S., Debnath A. *Power Plant Instrumentation and Control Handbook: A Guide to Thermal Power Plants*. 2nd Edition. Academic Press, 2019. 1129 p.
18. Bedalov Z. *Practical Power Plant Engineering: A Guide for Early Career Engineers*. Wiley, 2020. 653 p.
19. Carson B. Coleman K. *Field Guide: Boiler Tube Failure California*. Electric power research institute. 2009. 207 p.
20. Certuse J. *Heating Systems Troubleshooting & Repair: Maintenance Tips & Forensic Observations*. Industrial Press, 2019. 339 p.
21. Das P., Das K. *An Introduction to Thermal Power Plant Engineering and Operation: For Power Plant Professionals*. Notion Press, Inc., 2018. 390 p.
22. Dhar P.L. *Thermal System Design and Simulation*. Elsevier Ltd., Academic Press, 2017. 617 p.
23. Effenberger H. *Dampferzeugung*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2000. XIII, 854 p.
24. El Hefni B., Bouskela D. *Modeling and Simulation of Thermal Power Plants with ThermoSysPro: A Theoretical Introduction and a Practical Guide* Springer, 2019. 502 p.
25. Forsberg C. *Heat Transfer: Principles and Applications*. Academic Press, 2021. 516 p.
26. Ganapathy V. *Industrial Boilers and Heat Recovery Steam Generators: Design, Applications, and Calculations*. Marcel Dekker, Inc., 2003. 618 p.
27. Gilman G.F. (Jerry) *Boiler Control Systems Engineering*. 2nd ed. International Society of Automation, 2010. XIII, 198 p.
28. Haribhakti P., Joshi P.B. *Failure Investigation of Boiler Tubes*. United States of America. ASM International. 2018. 436 p.
29. Haseli Y. *Entropy Analysis in Thermal Engineering Systems*. Academic Press, 2020. 200 p.
30. Kumar A., Singh V.P., Meena C.S., Dutt N. (eds.) *Thermal Energy Systems: Design, Computational Techniques, and Applications*. CRC Press, 2023. 301 p.
31. Kumar S. *Problems and Solutions in Thermal Engineering: With Multiple-Choice Type Questions*. New Delhi: Springer-Ane Books, 2023. 180 p.
32. Kumar S. *Thermal Engineering*. V. 1. New York: Springer, 2022. 585 p.
33. Majumdar Pradip. *Design of Thermal Energy Systems*. Wiley, 2021. 707 p.
34. Martin Richard J. *Thermal Systems Design: Fundamentals and Projects*. 2nd edition. Wiley-Blackwell, 2022. 541 p.
35. Merritt C. *Process Steam Systems: A Practical Guide for Operators, Maintainers, and Designers*. John Wiley & Sons, 2016. XVIII, 311 p.

36. Olovsson I. Snow, Ice and Other Wonders of Water: A Tribute to the Hydrogen Bond. World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., 2016. 95 p.
37. Ozawa M., Asano H. (eds.) Advances in Power Boilers. Elsevier, 2021. 505 p.
38. Port R.D., Flynn D.J. The Nalco Guide to Boiler Failure Analysis. New York. McGraw-Hill. 2011. 599 p.
39. Pronobis M. Environmentally Oriented Modernization of Power Boilers. Elsevier, 2020. 333 p.
40. Ranade V.V., Gupta D.F. Computational Modeling of Pulverized Coal Fired Boilers. CRC Press, Taylor & Francis Group, 2015. 288 p.
41. Rayaprolu K. Boilers for power and process. CRC Press. 2009. 745 p.
42. Roberts Ian et al. Steam Handbook. An introduction to steam generation and distribution. Endress+Hauser, 2017. 121 p.
43. Saha Atanu. Boiler Tube Failure Mechanisms: Studies. Springer, 2023. 36 p.
44. Saha K., Agarwal A.K., Ghosh K., Som S. (Eds.) Two-Phase Flow for Automotive and Power Generation Sectors. Springer, 2019. 400 p.
45. Sun C.Q., Sun Yi. The Attribute of Water: Single Notion, Multiple Myths. Springer Science+Business Media, Singapore, 2016. 494 p.
46. Teir S. Steam boiler technology. 2nd Eddition / Helsinki University of Technology Department of Mechanical Engineering Energy, 2003/218 p.
47. Vaupel P. (ed.) Water-filtered Infrared A (wIRA) Irradiation: From Research to Clinical Settings. Springer, 2022. 292 p.
48. Wohlfarth R., Kohan A. Boiler Operator's Guide. 5th edition. McGraw-Hill Education, 2021. 752 p.
49. Yogesh Jaluria. Design And Optimization Of Thermal Systems with MatLAB Applications. 3rd edition. CRC Press/Taylor & Francis Group, 2020. 615 p.