

**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

«24»

2025 р.

ЗАТВЕРДЖУЮ

Проректор з науково-педагогічної
роботи

Віктор ОСТРОВЕРХОВ

«28»

2025 р.

ЗАТВЕРДЖУЮ

Директор навчально-наукового
інституту новітніх освітніх технологій

Святослав ПИТЕЛЬ

«28»

2025 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА

з дисципліни **«Парові, водогрійні, опалювальні котли та теплогенератори»**
ступінь вищої освіти – **бакалавр**
галузь знань – **14 «Електрична інженерія»**
спеціальність – **141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»**
освітньо-професійна програма **«Енергетичний аудит»**

Кафедра бізнес-аналітики та інноваційного інжинірингу

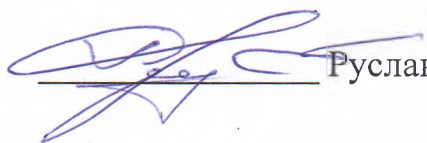
Форма навчання	Курс	Семестр	Лекції (год.)	Практ. заняття (год.)	ІРС, год.	Тренінг (год.)	Самост. робота студ., (год.)	Разом, (год.)	Екзамен, (сем.)
Денна	II	4	30	30	4	8	78	150	4
Заочна	II	4	8	4	-	-	138	150	4

**Тернопіль – ЗУНУ
2025**

Робочу програму склав к.е.н., доцент Микола Горлачук

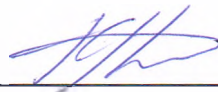
Робоча програма затверджена на засіданні кафедри бізнес-аналітики та інноваційного інжинірингу, протокол №1 від 26 серпня 2025 р.

В.о. завідувача кафедри,
д.е.н., професор



Руслан БРУХАНСЬКИЙ

Гарант ОПП «Енергетичний аудит»,
к.т.н., доцент



Петро КЛЕНДІЙ

СТРУКТУРА РОБОЧОЇ ПРОГРАМИ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

«Парові, водогрійні, опалювальні котли та теплогенератори»

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 – вибіркова Мова навчання – українська
Кількість залікових модулів <i>Денна форма навчання – 4</i>	Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»	Рік підготовки – 2 <i>Денна – 2</i> <i>Заочна – 2</i> Семестр: <i>Денна – 4</i> <i>Заочна – 4</i>
Кількість змістових модулів – 2	Ступінь вищої освіти – бакалавр	Лекції: <i>Денна – 30 год.</i> <i>Заочна – 8 год.</i> Практичні заняття: <i>Денна – 30 год.</i> <i>Заочна – 4 год.</i>
Загальна кількість годин – 150	Освітньо-професійна програма: «Енергетичний аудит».	Індивідуальна робота: <i>Денна – 4 год.</i> Тренінг – 8 год. Самостійна робота: <i>Денна – 78 год.</i> <i>Заочна – 138 год.</i>
Тижневих годин <i>денна форма – 11</i> <i>з них аудиторних:– 4</i>		Вид підсумкового контролю – залік

Мета і завдання дисципліни

«Парові, водогрійні, опалювальні котли та теплогенератори»

Мета дисципліни

Мета вивчення навчальної дисципліни «Парові, водогрійні, опалювальні котли та теплогенератори» полягає у формуванні в студентів 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.

Завдання вивчення дисципліни

Основними завданнями вивчення дисципліни «Парові, водогрійні, опалювальні котли та теплогенератори» є засвоєння знань і розуміння основних законів перетворення теплоти у роботу, передачі теплоти, роботи з теплотехнічними пристроями, устаткуванням на рівні вмінь, що достатні для практичної діяльності за спеціальністю, ознайомлення з методами ефективного використання теплоти у сучасних теплоенергетичних установках, формування навичок застосовувати інженерні технології, процеси, системи і обладнання відповідно до спеціальності.

Результати навчання

У результаті вивчення дисципліни «Парові, водогрійні, опалювальні котли та теплогенератори» здобувач вищої освіти повинен:

-знати теоретичні основи роботи парових, водогрійних, опалювальних котлів та теплогенераторів, методи розрахунку при проектуванні схем теплоенергетичних систем, пристроїв, комплексів та устаткування, традиційної та відновлюваної енергетики, стандартизовані методи розрахунку при проектуванні теплоенергетичних систем, пристроїв, технологій та устаткування енергоємних виробництв, ефективність систем і компонентів на основі використання аналітичних методів і методів моделювання в теплоенергетичній галузі;

-вміти оцінювати енергоефективність та надійність роботи теплоенергетичних систем, 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.

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 маркування 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. брутто і к.к.д. нетто.

Тема 2. Пічні процеси і обладнання

Класифікація, загальні характеристики і основні показники пічок. Способи спалювання твердого палива. Пічки для спалювання газу і мазуту. Приготування вугільного пилу, особливості його спалювання. Пічки з твердим і рідким шлаковидаленням. Циклонні і вихрові пічки. Пічки 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 прямооточних 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 природною 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.

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

Тема	Кількість, годин, в т.ч.					
	Лекції	Практичні	Індивідуальна робота	Тренінг	Самостійна робота	Контрольні заходи
Змістовий модуль «Основи котельних установок»						
Тема 1. Вступ. Загальна схема котельної установки та її баланси	2	2	2	2	10	поточне оцінювання
Тема 2. Пічні процеси і обладнання	4	4			10	поточне оцінювання
Тема 3. Поверхні нагріву парових котлів	4	4		1	10	поточне оцінювання
Тема 4. Теплообмін і гідродинаміка в елементах котла	4	4		1	10	поточне оцінювання

Змістовий модуль 2 «Водний режим котельного агрегату»						
Тема 5. Водопідготовка	4	4	2	1	10	поточне оцінювання
Тема 6. Водний режим і якість пари	4	4			10	поточне оцінювання
Тема 7. Характеристики і конструкції котлів	4	4		1	10	поточне оцінювання
Тема 8. Експлуатація котельних установок та парогенераторів	4	4		2	8	поточне оцінювання
Разом	30	30	4	8	78	

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

Тема	Кількість, годин, в т.ч.			
	Лекції	Практичні	Самостійна робота	Контрольні заходи
Змістовий модуль 1 «Основи котельних установок»				
Тема 1. Вступ. Загальна схема котельної установки та її баланси	1	2	18	-
Тема 2. Пічні 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	

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 промпідприємств.
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 2-3

Тема: Пічні процеси і обладнання

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

Питання для обговорення:

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

Практичне заняття 4-5

Тема: Поверхні нагріву парових котлів

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

Питання для обговорення:

1. Випарні поверхні нагрівання.
2. Конструкції пічних 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 6-7

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 прямоточних котлів.
10. Гідродинаміка водяного економайзера і пароперегрівника.

Змістовий модуль 2. Водний режим котельного агрегату

Практичне заняття 8-9

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 10-11

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 12-13

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 14-15

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.
5. Умови роботи та механічні властивості металу елементів котла.
6. Порушення циркуляції пароводяної суміші у випарній системі.
7. Підготовка і пуск у роботу котлоагрегату/

Організація і проведення тренінгу

Оцінювання результатів проходження тренінгу є обов'язковим складовим модулем залікового кредиту з дисципліни «Парові, водогрійні, опалювальні котли та теплогенератори».

Мета проходження тренінгу з дисципліни полягає у набутті студентами комплексних систематизованих теоретичних знань і практичних навичок щодо теплотехнічних вимірювальних приладів.

Отримані студентами знання і уміння будуть застосовуватися у процесі написання кваліфікаційної роботи та майбутній професійній діяльності.

Тематика тренінгу: 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 задачі та 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.

Завдання на тренінг (приклад). Визначити температуру точки роси продуктів згорання відходів деревини в шаровій топці, якщо теплота згорання палива складає 14300 кДж/кг, зольність палива $A^p = 1\%$, вміст сірки $S^p = 0,1\%$. Частка водяної пари в продуктах згорання 0,14. Тиск продуктів згорання 0,1 МПа. Частка виносу золи $a_{\text{вин}} = 0,2$.

Розв'язання.

Використовуючи таблиці термодинамічних властивостей води і водяної пари визначимо температуру конденсації водяної пари, °С:

$$t_k = f(0,14 \times 0,1) = 52,6.$$

Температура точки роси продуктів згорання, °С:

$$t_p = t_k + \frac{125 \times \sqrt[3]{4190 \times S^p / Q_n^p}}{1,05^{4190 \times a_{\text{вин}} \times A^p / Q_n^p}} = 52,6 + \frac{125 \times \sqrt[3]{4190 \times 0,1 / 14300}}{1,05^{4190 \times 0,2 \times 1 / 14300}} = 91,0.$$

Критерії оцінювання результатів проходження тренінгу.

90-100 балів – у повному обсязі володіє навчальним матеріалом, вільно самостійно та аргументовано його використовує під час виконання завдань тренінгу, виявляє творчий підхід до виконання завдання;

75-89 балів – достатньо повно володіє навчальним матеріалом, але при виконанні окремих завдань тренінгу не вистачає достатньої глибини та аргументації його використання, допускаються при цьому окремі несуттєві неточності та незначні помилки, загалом виявляє творчий підхід до виконання завдання;

65-74 бали – в цілому володіє навчальним матеріалом та загалом його використовує при виконанні завдань тренінгу, але без глибокого всебічного аналізу, обґрунтування та аргументації, допускаючи при цьому суттєві неточності та помилки, в окремих моментах виявляє творчий підхід до виконання завдання;

60-64 бали – не в повному обсязі володіє навчальним матеріалом, фрагментарно (без аргументації та обґрунтування) його використовує, недостатньо розкриває зміст завдань тренінгу, допускаючи при цьому суттєві неточності, не виявляє творчого підходу до виконання завдання;

1-59 – не володіє навчальним матеріалом, не розкриває зміст завдань тренінгу.

Самостійна робота

Основним завданням самостійної роботи студентів є опрацювання спеціальної літератури та оволодіння теоретико-методичними та прикладними аспектами теплотехнічних вимірювальних пристроїв.

Самостійна робота є основним засобом засвоєння здобувачами навчального матеріалу в позааудиторний час. Обсяг і зміст самостійної роботи

визначається робочою програмою та навчальним планом в межах встановленого обсягу годин із навчальної дисципліни, методичними вказівками викладача. Самостійна робота здобувача забезпечується системою навчально-методичних засобів: конспектами лекцій, підручниками, навчальними та методичними посібниками, монографічною літературою і періодикою.

Навчальний матеріал, передбачений навчальним планом для засвоєння здобувачем в процесі самостійної роботи, виноситься на підсумковий контроль поряд з навчальними матеріалом, який опрацьовувався при проведенні практичних занять. Викладач проводить перевірку якості самостійної роботи здобувача на індивідуальних заняттях (консультаціях). Вони проводяться в позааудиторний час за окремим графіком, складеним кафедрою.

Завдання виконує кожен здобувач шляхом підготовки творчої роботи у вигляді реферату з презентацією згідно із рекомендованою тематикою поданою нижче (згідно свого порядкового номеру списку в журналі відвідувань). Темі рефератів охоплюють різні аспекти основ термодинаміки та теплотехніки, дозволяючи здобувачам глибше дослідити проблематику й розвивати критичне мислення щодо проблемної тематики.

Реферат – це завершена теоретична робота з конкретної проблематики (теми) в межах навчальної програми курсу. Реферат виконується здобувачем самостійно при консультуванні викладачем. Оформляється за стандартним зразком і подається викладачу за два тижні до екзамену. Захист реферату шляхом усного звіту здобувача освіти з підготовкою та оформлення презентації.

Тематика самостійної роботи (теми):

1. Поняття про котельну установку. З яких елементів вона складається?
2. Класифікація котельних установок.
3. Класифікація парогенераторів.
4. Види енергоресурсів для використання в котлоагрегатах.
5. Барабанні і прямоточні парогенератори: особливості функціонування.
6. Призначення та функції барабана парогенератора.
7. Відмінності між паровими та водогрійними котлоагрегатами.
8. Перелік основних елементів водогрійного котлоагрегату.
9. Складові палива та їх характеристика.
10. Відмінності складу палива на суху, горючу та робочу масу.
11. Суть нижчої та вищої теплоти згорання палива.
12. Визначення теоретичної витрати окислювача.
13. Коефіцієнт надлишку повітря – параметри залежності та зміни в газоходах.
14. Рівняння теплового балансу котла, його складові та призначення.
15. Особливості визначення ККД котла за прямим та зворотним балансом.
16. Різниця між ККД-брутто і ККД-нетто котла.
17. Визначення ККД котла і його витрати палива.
18. Поняття про «наявну теплоту»: складові та залежності визначення.
19. Особливості визначення втрат теплоти через стіни котла та втрат, пов'язаних зі шлаком.

20. Класифікація топків котлів.
21. Основні показники роботи топкових пристроїв.
22. Основні стадії горіння палива та визначення часу його горіння.
23. Особливості шарового спалювання твердого палива.
24. Принципи спалювання газового палива, їх переваги і недоліки.
25. Особливості спалювання рідкого палива.
26. Різновиди рідкопаливних форсунок. Переваги і недоліки.
27. Порядок розрахунку конструктивних характеристик топки.
28. Різновиди розрахунків котлоагрегату.
29. Відмінності між перевірним і конструктивним тепловим розрахунком котлоагрегату.
30. Методи визначення теплосприйняття конвективної поверхні нагріву котла.
31. Особливість розрахунків коефіцієнта теплопередачі конвективної поверхні нагріву котла.
32. Методи підвищення ефективності екранних поверхонь.
33. Конструкція, особливості радіаційних та конвективних пароперегрівників.
34. Переваги і недоліки методів регулювання температури пари.
35. Різновиди та особливості конструкції економайзерів.

Критерії оцінювання:

90-100 балів – зміст самостійної роботи повністю відповідає встановленим вимогам, містить елементи самостійного дослідження, свідчить про високий рівень опанування навчального матеріалу, студент на високому рівні виявляє творчий підхід до виконання завдань;

75-89 балів – зміст самостійної роботи в основному відповідає встановленим вимогам, можуть бути несуттєві недопрацювання за обраною тематикою, свідчить про належний рівень опанування навчального матеріалу, студент належно виявляє творчий підхід до виконання завдань;

60-74 балів – поставлені завдання виконані на недостатньому рівні; наведені авторські напрацювання є загальними і слабо обґрунтованими, свідчать про недостатній рівень опанування навчального матеріалу; студент припускається значних помилок у виконанні завдання, в окремих моментах виявляє творчий підхід до виконання завдань;

1-59 балів – завдання практично не виконано; відсутні авторські напрацювання, що свідчать про низький рівень опанування навчального матеріалу; студент не виявляє творчого підходу до виконання завдання.

Оцінювання результатів самостійної роботи студентів заочної форми проводиться під час проведення екзамену.

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 оцінювання;
- проміжне модульне оцінювання;
- оцінювання результатів проходження тренінгу;

- оцінювання результатів самостійної роботи;
- підсумкове оцінювання (залік).

Політика оцінювання

Політика щодо граничних дедлайнів 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 академічної доброчесності. Використання друкованих і електронних джерел інформації під час контрольних заходів та екзаменів заборонене.

Політика щодо відвідування. Пропуски практичних занять відпрацьовуються. За об'єктивних причин (наприклад, карантин, воєнний стан, хвороба, закордонне стажування) навчання може відбуватись в онлайн формі за погодженням із керівником курсу з дозволу дирекції інституту.

Політика щодо визначення результатів навчання

Відповідно до «Положення про визнання в Західноукраїнському національному університеті результатів попереднього навчання» (https://www.wunu.edu.ua/pdf/pologenya/Polozhennya_ruzult_poper_navch.pdf) здобувачам вищої освіти може бути зараховано результати навчання (неформальної/інформальної освіти, академічної мобільності тощо) на підставі підтвердних документів (сертифікати, довідки, документи про підвищення кваліфікації тощо). Рішення про зарахування здобувачу результатів (певного освітнього компонента в цілому, або ж окремого виду навчальної роботи за таким освітнім компонентом) приймається уповноваженою Комісією з визнання результатів навчання за процедурою, визначеною вищезазначеним положенням

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

Модуль 1		Модуль 2		Модуль 3	Модуль 4
20%	20%	20%	20%	5%	15%
Поточне оцінювання	Модульний контроль	Поточне оцінювання	Модульний контроль	Тренінг	Самостійна робота
Оцінка за поточне опитування визначається як середнє арифметичне оцінок, отриманих за теми 1-4 на практичних заняттях	Підсумкова письмова робота за темами 1-4	Оцінка за поточне опитування визначається як середнє арифметичне оцінок, отриманих за теми 5-8 на практичних заняттях	Підсумкова письмова робота за темами 5-8	Оцінка за виконання завдання з тренінгу	Оцінка за виконання завдання самостійної роботи

Поточне опитування під час заняття:

90-100 балів – у повному обсязі володіє навчальним матеріалом, вільно самотійно та аргументовано його викладає під час відповідей, глибоко та всебічно розкриває зміст теоретичних питань;

75-89 балів – достатньо повно володіє навчальним матеріалом, але при викладанні деяких питань не вистачає достатньої глибини та аргументації, допускаються при цьому окремі несуттєві неточності та незначні помилки;

65-74 бали – в цілому володіє навчальним матеріалом та викладає його основний зміст, але без глибокого всебічного аналізу, обґрунтування та аргументації, допускаючи при цьому окремі суттєві неточності та помилки;

60-64 бали – не в повному обсязі володіє навчальним матеріалом, фрагментарно (без аргументації та обґрунтування) його викладає, недостатньо розкриває зміст теоретичних питань, допускаючи при цьому суттєві неточності;

1-59 балів – не володіє навчальним матеріалом, не розкриває зміст теоретичних питань.

Підсумкова оцінка за поточне опитування кожного модуля визначається як середнє арифметичне оцінок, отриманих під час занять в межах кожного модуля.

Модульна робота – види контролю, при яких засвоєння студентом теоретичного та практичного матеріалу оцінюється від 0 до 100 балів як сума балів за виконані завдання.

Модульна робота складається із:

а) теоретичного питання 1, теоретичного питання 2, за відповідь на кожне з яких студент може отримати від 0 до 30 балів:

15-30 балів – у повному обсязі володіє навчальним матеріалом, всебічно, самотійно та аргументовано його викладає під час відповіді, глибоко та всебічно розкриває зміст завдання.

1-14 балів – в цілому володіє навчальним матеріалом, але не в повному обсязі, фрагментарно (без аргументації та обґрунтування) його викладає, недостатньо розкриває зміст завдання, допускаючи при цьому суттєві неточності, відповіді на запитання нечіткі.

б) практичного завдання (задачі), за розв'язання якого студент може отримати: від 0 до 40 балів:

30-40 балів – у повному обсязі володіє навчальним матеріалом, правильно розв'язує практичне завдання і інтерпретує отримані результати, демонструє самотійність виконання.

15-29 балів – у достатньому обсязі володіє навчальним матеріалом, правильно розв'язує практичне завдання, але на додаткові контрольні запитання відсутня повна відповідь, допускає несуттєві неточності та фрагментарно (без аргументації) інтерпретує отримані результати, демонструє самотійність виконання.

1-14 балів – не в повному обсязі володіє матеріалом, фрагментарно розв'язує практичне завдання, допускає суттєві неточності, поверхнево його викладає, недостатньо розкриває зміст поставлених питань.

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)

Інструменти, обладнання та програмне забезпечення, використання яких передбачає дисципліна

№	Найменування	Номер теми
1.	Мультимедійний проєктор	1-8
2.	Екран проєкційний	1-8
3.	Комп’ютеризована аудиторія, доступ до мережі Інтернет	1-8
4.	Телекомунікаційне програмне забезпечення (Internet Explorer, Opera, Google Chrome, Firefox).	1-8
5.	Комунікаційна навчальна платформа Moodle для організації дистанційного навчання (за необхідності)	1-8
6.	Комунікаційне програмне забезпечення Zoom для проведення занять в режимі on-line (за необхідності)	1-8
7.	Програмне забезпечення базових інформаційних технологій: ОС Windows, MS Office (Word, Excel, PowerPoint)	1-8
1.	Мультимедійний проєктор	1-8

РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ

1. 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>.
2. Драганов Б.Х. Теплотехніка: підручник. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. 255 с.
3. Дубровська В. В. Термодинаміка та теплообмін: навчальний посібник. Київ: НТУУ «КПІ», 2016. 150 с.
4. Константинов С.М., Панов Є.М. Теоретичні основи теплотехніки: Підручник. Київ: «Золоті ворота», 2012. 592 с.
5. Краснянський М.Ю. Енергозбереження: навчальний посібник. Київ: Видавничий дім «Кондор», 2018. 136 с.
6. 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.

7. 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>

8. Степанов Д. В. Котельні установки промислових підприємств: навч. посібник. Вінниця: ВНТУ, 2014. 346 с.

9. 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>

10. Чепурний М.М., Степанов Д.В., Корженко Є.С. Теплові розрахунки парогенераторів: навчальний посібник. Вінниця: ВНТУ, 2016. 155 с.

11. 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.

12. Basu S., Debnath A. Power Plant Instrumentation and Control Handbook: A Guide to Thermal Power Plants. 2nd Edition. Academic Press, 2019. 1129 p.

13. Bedalov Z. Practical Power Plant Engineering: A Guide for Early Career Engineers. Wiley, 2020. 653 p.

14. Certuse J. Heating Systems Troubleshooting & Repair: Maintenance Tips & Forensic Observations. Industrial Press, 2019. 339 p.

15. Das P., Das K. An Introduction to Thermal Power Plant Engineering and Operation: For Power Plant Professionals. Notion Press, Inc., 2018. 390 p.

16. 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.

17. Forsberg C. Heat Transfer: Principles and Applications. Academic Press, 2021. 516 p.

18. Kumar A., Singh V.P., Meena C.S., Dutt N. (eds.) Thermal Energy Systems: Design, Computational Techniques, and Applications. CRC Press, 2023. 301 p.

19. Kumar S. Thermal Engineering. V. 1. New York: Springer, 2022. 585 p.

20. Martin Richard J. Thermal Systems Design: Fundamentals and Projects. 2nd edition. Wiley-Blackwell, 2022. 541 p.

21. Pronobis M. Environmentally Oriented Modernization of Power Boilers. Elsevier, 2020. 333 p.

22. Roberts Ian et al. Steam Handbook. An introduction to steam generation and distribution. Endress+Hauser, 2017. 121 p.

23. Saha Atanu. Boiler Tube Failure Mechanisms: Studies. Springer, 2023. 36 p.

24. Vaupel P. (ed.) Water-filtered Infrared A (wIRA) Irradiation: From Research to Clinical Settings. Springer, 2022. 292 p.