

**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

«29» 08 2025 р.

ЗАТВЕРДЖУЮ

Проректор з науково-педагогічної
роботи

Віктор ОСТРОВЕРХОВ

«29» 08 2025 р.

ЗАТВЕРДЖУЮ

Директор навчально-наукового
інституту новітніх освітніх технологій

Святослав ПИТЕЛЬ

«29» 08 2025 р.



РОБОЧА ПРОГРАМА

з дисципліни
ступінь вищої освіти
галузь знань
спеціальність
освітньо-професійна
програма

**«Основи термодинаміки та теплотехніки»
– бакалавр
– G «Інженерія, виробництво та будівництво»
G3 «Електрична інженерія»
«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	I	2	30	30	4	8	48	120	2
Заочна	I	2	8	4	-	-	108	120	2

**Тернопіль – ЗУНУ
2025**

Робоча програма складена на основі освітньо-професійної програми підготовки бакалавра галузі знань 6 «Інженерія, виробництво та будівництво» спеціальності 63 «Електрична інженерія», затвердженої Вченою радою ЗУНУ, протокол № 8 від 26 червня 2025 р.

Робочу програму розробив: кандидат фізико-математичних наук, доктор технічних наук, професор, професор кафедри кібербезпеки, Михайло КАСЯНЧУК

Робоча програма затверджена на засіданні кафедри кібербезпеки, протокол № 1 від 26 серпня 2025 р.

Завідувач кафедри кібербезпеки



Василь ЯЦКІВ

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



Петро КЛЕНДІЙ

СТРУКТУРА РОБОЧОЇ ПРОГРАМИ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
«Основи термодинаміки та теплотехніки»
ОПИС ДИСЦИПЛІНИ

Дисципліна – «Основи термодинаміки та теплотехніки»	Галузь знань, спеціальність, ступінь вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни
Кількість кредитів ECTS: – 4	Галузь знань G «Інженерія, виробництво та будівництво»»	Статус дисципліни – нормативна Мова навчання – українська
Кількість залікових модулів Денна форма навчання – 5	Спеціальність G3 «Електрична інженерія»	Рік підготовки – 1 Денна – 1 Заочна – 1 Семестр: Денна – 2 Заочна – 2
Кількість змістових модулів – 2	Ступінь вищої освіти – бакалавр	Лекції: Денна – 30 год. Заочна – 8 год. Практичні заняття: Денна – 30 год. Заочна – 4 год.
Загальна кількість годин –120	Освітньо-професійна програма: «Енергетичний аудит»	Індивідуальна робота Денна – 4 год. Тренінг – 8 год. Самостійна робота: Денна – 48 год. Заочна – 108 год.
Тижневих годин денна форма – 9 з них аудиторних – 4		Вид підсумкового контролю – екзамен

МЕТА І ЗАВДАННЯ ДИСЦИПЛІНИ
«Основи термодинаміки та теплотехніки»

Мета дисципліни

Мета вивчення навчальної дисципліни «Основи термодинаміки та теплотехніки» полягає у засвоєнні студентами методів утримання, перетворення, передачі і використання теплоти в енергетичних установках, а саме – набуття

майбутніми фахівцями компетенції щодо сучасних методів перетворення, передачі та використання теплової енергії з максимальною економією, інтенсифікацією (гальмуванням) процесів теплообміну, ефективним захистом навколишнього середовища від теплового забруднення.

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 термодинамічних параметрів, законів перетворення теплової енергії в механічну і навпаки, процесів тепло- і масопереносу в процесі 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 «Основи термодинаміки та теплотехніки» 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, а також ознайомлення з методами ефективного використання теплоти у сучасних теплоенергетичних установках на професійному рівні.

Найменування та опис компетентностей, формування яких забезпечує вивчення дисципліни

K02. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

K05. Здатність до пошуку, обробки та аналізу інформації з різних джерел.

K12. Здатність вирішувати практичні задачі із залученням методів математики, фізики та електротехніки.

Результати навчання

ПР09. Уміти оцінювати енергоефективність та надійність роботи електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних систем.

ПР 20. Володіти сучасними методами проведення енергетичного аудиту електроенергетичних об'єктів, аналізу енерговитрат, оцінювання ефективності споживання енергетичних ресурсів.

ЗМІСТ ДИСЦИПЛІНИ

«Основи термодинаміки та теплотехніки»

Змістовий модуль 1. Основи термодинаміки

Тема 1. Основні поняття та визначення термодинаміки

Зміст програми, її зв'язок з іншими дисциплінами. Предмет і методи дисципліни, її місце і функції в підготовці фахівців. Визначення понять «технічна термодинаміка» та «технічна теплотехніка». Внесок вітчизняних вчених у розвиток теплотехніки. Поняття «робоче тіло». Параметри робочого тіла: тиск, температура, питомий об'єм, одиниці їх вимірювання. Поняття про термодинамічний процес. Внутрішня енергія, теплота, робота, ентальпія. Термодинамічна система. Робочі тіла. Основні параметри, які характеризують стан термодинамічної системи.

Тема 2. Перший та другий закони термодинаміки

Внутрішня енергія. Механічна робота, PV - діаграма. Робота розширення і стиснення газів. Сутність першого закону термодинаміки і його аналітичне вираження. Основні формулювання першого закону термодинаміки. Ентальпія як параметр стану. Поняття термічного коефіцієнту корисної дії. Цикл Карно прямий. Цикл Карно зворотній. Поняття про ентропію і її зміну в термодинамічних процесах. Ентропія і працездатність ізольованої системи. Ексергія. Тепловий баланс паротурбінної установки. $T - S$ діаграма. Основні параметри стану води і водяної пари: насичена, перегріта, суха водяна пара. Зображення процесу пароутворення у $P - V$ і $T - S$ діаграмах водяної пари. Визначення параметрів води і водяної пари. Основні формулювання другого закону термодинаміки. Ентропія системи. TS - діаграма. Кругові термодинамічні процеси і цикли. Межі використання другого закону термодинаміки.

Тема 3. Основні закони ідеальних газів. Суміші ідеальних газів

Поняття про ідеальні і реальні гази. Властивості ідеальних газів. Властивості реальних газів. Основні закони ідеальних газів: закони Бойля-Маріотта, Гей-Люссака, Шарля і Авогадро. Рівняння стану ідеальних газів. Універсальна газова постійна. Класифікація основних термодинамічних процесів ідеальних газів. Рівняння і графічне зображення основних термодинамічних процесів ідеальних газів: ізохорного, ізотермічного, адіабатного, політропного. Робота розширення і стиснення газу в термодинамічних процесах ідеальних газів. Поведінка ідеальних та реальних газів у суміші. Визначення фізичної суті парціального тиску, об'ємної та молярної долей. Газова стала суміші газів. Середня молярна маса суміші газів. Закон Дальтона. Співвідношення між масовою і об'ємними долями. Уявна молекулярна маса суміші газів.

Тема 4. Термодинамічні процеси. Термодинаміка вологого повітря. Термодинаміка потоку

Поняття кругового процесу. Зображення кругового процесу в $P - V$ діаграмі. Поняття термічного коефіцієнту корисної дії. Цикл Карно прямий. Цикл Карно зворотній. Поняття про ентропію і її зміну в термодинамічних процесах. Ентропія і працездатність ізольованої системи. Ексергія. Тепловий баланс паротурбінної установки. $T - S$ діаграма. Таблиці термодинамічних властивостей води і водяної пари. $I - S$, $T - S$ діаграми водяної пари і їх практичне застосування. Вологе повітря і параметри його стану: вологовміст, температура, абсолютна і відносна вологість, парціальний тиск. $I - d$ діаграма вологого повітря, її структура, призначення. Визначення параметрів вологого повітря по $I - d$ діаграмі. Змішування потоків вологого повітря. Швидкість і витрата газу при течії його через сопло, яке звужується. Критична швидкість потоку і максимальні витрати робочого тіла. Сопло Лавалю. Дроселювання газів і пари.

Змістовий модуль 2. Основи теплотехніки

Тема 5. Основні теорії теплообміну. Теплопровідність. Теплопередача

Теплотехніка, вагомість та значимість дисципліни. Основні поняття теплообміну. Способи перенесення теплоти. Температурне поле. Температурний градієнт. Закон Фур'є. Диференціальне рівняння теплопровідності. Умови однозначності. Конвективний теплообмін. Основні поняття і визначення. Рівняння Ньютона-Ріхмана. Основні закони теплового випромінювання. Види променевих теплових потоків. Класифікація палива за фізичним станом, за способом його отримання.

Тема 6. Енергетичне паливо. Процес горіння палива

Паливо, основні поняття і визначення. Основні характеристики і хімічний склад палива. Теплота згорання палива, коефіцієнт надлишку повітря. Склад твердого і рідкого палива і його характеристики. Теплота згорання палива. Умове паливо. Переробка твердого палива. Коротка характеристика процесу горіння палива при шаровому, факельному і вихровому спалюванні. Основні стадії процесу горіння. Визначення кількості повітря на спалювання. Теоретична і дійсна витрата кисню і повітря. Коефіцієнт надлишку повітря. Об'єм продуктів спалювання. Спалювання рідкого і газоподібного палива.

Тема 7. Пічне пристосування. Котельні установки. Енергоефективні установки конденсаційного типу. Цикли теплосилових установок

Основи теорії горіння. Класифікація пічного обладнання. Особливості спалювання газоподібного палива. Особливості спалювання рідкого палива. Спалювання твердого палива. Парові котли (ПК) і котельні установки електричних станцій. Класифікація парових котлів. Основні технічні характеристики ПК. Низькотемпературні і високотемпературні поверхні нагрівання. Енергоефективні котли конденсаційного типу. Технікоєкономічні показники і ККД парових котлів. Парові турбіни. Основні поняття, визначення. Класифікація парових турбін. Втрати енергії і ККД турбінної ступені.

Багатоступеневі парові турбіни. Енергетичні показники і характеристики ПТ. Паротурбінні установки (ПТУ). Тепловий цикл ПТУ.

Тема 8. Теплообмінні апарати

Призначення та класифікація теплообмінних апаратів за принципом дії. Класифікація рекуперативних теплообмінників за схемою руху теплоносіїв – типи теплообмінних апаратів: поверхневі, змішуючі, регенеративні. Напрямки руху теплоносія в теплообмінних апаратах та їх характеристика. Середній температурний напір. Розрахунок теплообмінних апаратів. Конструктивний розрахунок рекуперативних теплообмінників. Основи перевірочного розрахунку рекуперативних теплообмінників. Порівняння проточного і протитечіного рекуператорів.

СТРУКТУРА ЗАЛІКОВОГО КРЕДИТУ ДИСЦИПЛІНИ «Основи термодинаміки та теплотехніки» (денна форма)

Тема	Кількість, годин, в т.ч.					
	Лекції	Практичні	Індивідуальна робота	Тренінг	Самостійна робота	Контрольні заходи
Змістовий модуль 1. «Основи термодинаміки»						
Тема 1. Основні поняття та визначення термодинаміки	2	2	2	1	9	Поточне оцінювання
Тема 2. Перший та другий закони термодинаміки	4	4		1	9	Поточне оцінювання
Тема 3. Основні закони ідеальних газів. Суміші ідеальних газів	4	4		1	5	Поточне оцінювання
Тема 4. Термодинамічні процеси. Термодинаміка вологого повітря. Термодинаміка потоку	4	4		1	5	Поточне оцінювання
Модульна робота 1						Письмова робота
Змістовий модуль 2. «Основи теплотехніки»						
Тема 5. Основні теорії теплообміну. Теплопровідність. Теплопередача	4	4	2	1	5	Поточне оцінювання

Тема 6. Енергетичне паливо. Процес горіння палива	4	4		1	5	Поточне оцінювання
Тема 7. Пічне пристосування. Котельні установки. Енергоефективні установки конденсаційного типу. Цикли теплосилових установок.	4	4		1	5	Поточне оцінювання
Тема 8. Теплообмінні апарати	4	4		1	5	Поточне оцінювання
Разом	30	30	4	8	48	

СТРУКТУРА ЗАЛІКОВОГО КРЕДИТУ ДИСЦИПЛІНИ
«Основи термодинаміки та теплотехніки»
(заочна форма)

Тема	Кількість, годин, в т.ч.			
	Лекції	Практичні	Самостійна робота	Контрольні заходи
Змістовий модуль 1. «Основи термодинаміки»				
Тема 1. Основні поняття та визначення термодинаміки	1	2	12	-
Тема 2. Перший та другий закони термодинаміки	1		14	-
Тема 3. Основні закони ідеальних газів. Суміші ідеальних газів	1		14	-
Тема 4. Термодинамічні процеси. Термодинаміка вологого повітря. Термодинаміка потоку	1		15	-
Змістовий модуль 2. «Основи теплотехніки»				
Тема 5. Основні теорії теплообміну. Теплопровідність. Теплопередача	1	2	14	-
Тема 6. Енергетичне паливо. Процес горіння палива	1		15	-

Тема 7. Пічне пристосування. Котельні установки. Цикли теплосилових установок. Енергоефективні котли конденсаційного типу.	1		14	-
Тема 8. Теплообмінні апарати	1		10	-
Разом	8	4	108	

ТЕМАТИКА ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ

Змістовий модуль 1. Основи термодинаміки

Тема: Основні поняття та визначення термодинаміки

Мета: ознайомитися з предметом і завданням дисципліни, засвоїти категоріальний апарат, з'ясувати особливості енергетичної галузі, сформулювати розуміння енергетичного виробництва.

Питання для обговорення:

1. Предмет і завдання дисципліни.
3. Методологія термодинаміки.
4. Основні поняття та визначення термодинаміки.
5. Визначення гідростатичного, абсолютного, надлишкового, вакуумного тисків.
6. Поняття про термодинамічну систему.
7. Сутність понять «внутрішня енергія», «теплота», «робота», «ентальпія».
8. Робоче тіло. Параметри стану. Рівноважний стан.
9. Термічне рівняння стану.

Тема: Перший та другий закони термодинаміки

Мета: з'ясувати сутність закону збереження і перетворення енергії, ознайомитися з аналітичним вираженням першого та другого законів термодинаміки та практичними межами їх застосування

Питання для обговорення:

1. Фізична сутність першого та другого законів термодинаміки.
2. Внутрішня енергія. Механічна робота, PV- діаграма.
3. Поняття термічного коефіцієнту корисної дії. Цикл Карно прямий. Цикл Карно зворотній.
4. Поняття про ентропію і її зміну в термодинамічних процесах.
5. Ентропія і працездатність ізолюваної системи. Ексергія.

6. Кругові термодинамічні процеси і цикли.
7. Межі використання другого закону термодинаміки.

Тема: Основні закони ідеальних газів. Суміші ідеальних газів

Мета: ознайомитися з основними законами ідеальних газів, з'ясувати властивості ідеальних газів та ознайомитися із їх сумішами, засвоїти показники і рівняння стану ідеальних газів, оволодіти навиками графічного зображення основних термодинамічних процесів ідеальних газів.

Питання для обговорення:

1. Поняття про ідеальні і реальні гази.
2. Властивості ідеальних газів. Властивості реальних газів.
3. Основні закони ідеальних газів.
4. Рівняння стану ідеальних газів. Універсальна газова постійна.
5. Поведінка ідеальних та реальних газів у суміші.
 6. Газова стала суміші газів. Середня молярна маса суміші газів.
 7. Закон Дальтона.
 8. Співвідношення між масовою і об'ємними долями. Уявна молекулярна маса суміші газів.

Тема: Термодинамічні процеси. Термодинаміка вологого повітря.

Термодинаміка потоку

Мета: з'ясувати основні термодинамічні процеси, ознайомитися із проблемами термодинаміки вологого повітря і потоку, набуття навиків розрахунку показників термодинамічних процесів, параметрів вологого повітря, дроселювання газів і пари.

Питання для обговорення:

1. Поняття кругового процесу і циклу.
2. Послідовність зображення прямого і зворотнього циклу в $P - V$ діаграмі.
3. Поняття термічного коефіцієнту корисної дії циклу Карно.
4. Величина термічного коефіцієнту корисної дії циклу Карно.
5. Тепловий баланс паротурбінної установки.
6. Правила побудови $T - S$ діаграми.
7. . Визначення параметрів вологого повітря по $I - d$ діаграмі.
8. Змішування потоків вологого повітря.
9. Критична швидкість потоку і максимальні витрати робочого тіла.
10. Сопло Лавалля. Дроселювання газів і пари.

Змістовий модуль 2. Основи теплотехніки

Тема: Основні теорії теплообміну. Теплопровідність. Теплопередача

Мета: з'ясувати сутність основних теорій теплообміну, теплопровідності та теплопередачі, ознайомитися зі способами перенесення теплоти, умовами однозначності та основними законами теплового випромінювання.

Питання для обговорення:

1. Вагомість і значимість теплотехніки як прикладної сфери наукових досліджень.
2. Основні теорії та поняття теплообміну.
3. Теплота і способи її перенесення.
4. Температурне поле. Температурний градієнт.
5. Закон Фур'є. Диференціальне рівняння теплопровідності. Умови однозначності.
6. Конвективний теплообмін. Основні поняття і визначення.
7. Види променевих теплових потоків.
8. Класифікація палива за фізичним станом, за способом його отримання.

Тема: Енергетичне паливо. Процес горіння палива

Мета: з'ясувати основні поняття про паливо, його визначення, характеристики та хімічний склад, ознайомитися із короткою характеристикою процесу горіння при різних видах спалювання, засвоїти основні стадії процесу горіння.

Питання для обговорення:

1. Паливо, основні поняття і визначення.
2. Класифікація палива за фізичним станом, за способом його отримання.
3. Склад твердого і рідкого палива і його характеристики.
4. Теплота згорання палива. Умовне паливо. Переробка твердого палива.
5. Характеристика процесу горіння палива при шаровому, факельному і вихровому спалюванні.
6. Основні стадії процесу горіння.
7. Визначення кількості повітря на спалювання. Теоретична і дійсна витрата кисню і повітря.
8. Об'єм продуктів спалювання. Спалювання рідкого і газоподібного палива.

Тема: Пічне пристосування. Котельні установки. Енергоефективні установки конденсаційного типу. Цикли теплосилових установок.

Мета: з'ясувати основні типи печей для спалювання палива, ознайомитися з основними характеристиками пічного пристосування, схемами та їх роботою.

Питання для обговорення:

1. Основи теорії горіння.
2. Класифікація пічного обладнання. Особливості спалювання основних видів палива.
3. Парові котли і котельні установки.
4. Типи котлів. Принципова схема котельної установки.
5. Енергоефективні котли конденсаційного типу.
6. Техніко-економічні показники і ККД парових котлів.
7. Втрати енергії і ККД турбінної ступені.
8. Визначення економічності котельного агрегату.
6. Енергетичні показники і характеристики парових турбін.
7. Паротурбінні установки (ПТУ). Тепловий цикл ПТУ.

Тема: Теплообмінні апарати

Мета: ознайомитися з призначенням та класифікацією теплообмінних апаратів за принципом дії, їх типами, з'ясувати способи розрахунку теплообмінних апаратів, оволодіти порівнянням прямотечійного і протитечійного рекуператорів.

Питання для обговорення:

1. Призначення та класифікація теплообмінних апаратів за принципом дії.
2. Типи теплообмінних апаратів: поверхневі, змішуючі, регенеративні.
3. Напрямки руху теплоносія в теплообмінних апаратах та їх характеристика.
4. Середній температурний напір. Розрахунок теплообмінних апаратів.
5. Основи перевірного розрахунку рекуперативних теплообмінників.
6. Порівняння прямотечійного і протитечійного рекуператорів.

ОРГАНІЗАЦІЯ І ПРОВЕДЕННЯ ТРЕНІНГУ

Оцінювання результатів проходження тренінгу є обов'язковим складовим модулем залікового кредиту з дисципліни «Основи термодинаміки та теплотехніки».

Мета проходження тренінгу з дисципліни полягає у набутті студентами комплексних систематизованих теоретичних знань і практичних навичок розв'язування практичних задач з основ термодинаміки і теплотехніки.

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

Тематика тренінгу: розв'язування задач з різних розділів «Основ термодинаміки та теплотехніки»

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 завдання, у яких вони зможуть продемонструвати набуті знання і вміння аналізувати технічні, інженерні та організаційні параметри діяльності енергетичного 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.

Порядок проведення тренінгу:

Вступна частина проводиться з метою ознайомлення студентів із запропонованими завданнями тренінгу. Організаційна частина полягає у створенні робочого настрою у колективі студентів.

Практична частина реалізується шляхом виконання завдань тренінгу.

Підведення підсумків. Обговорення результатів виконаних завдань.

Обмін думками з питань, що виносились на тренінг.

Завдання на тренінг (приклад):

У циліндрі з рухомим поршнем міститься газ. Діаметр поршня 10 см. Щоб утримати поршень в рівновазі на нього необхідно поставити гирю, що діє із силою 150 Н. Який абсолютний тиск у циліндрі, якщо барометричний тиск дорівнює 110 кПа?

Розв'язання:

1. Площа поршня дорівнює $f = \pi D^2 / 4 = 3,14 \times 0,1^2 / 4 = 0,00785 \text{ м}^2$.
2. Надлишковий тиск, який створюється силою тяжіння гирі становитиме $P_{\text{над}} = F_{\text{н}} / f = 150 / 0,00785 = 20255 \text{ Н/м}^2 = 20,255 \text{ кПа}$.

Відповідь: $p = 120,255 \text{ кПа}$.

Критерії оцінювання результатів проходження тренінгу.

90-100 балів – у повному обсязі володіє навчальним матеріалом, вільно самотійно 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 основ термодинаміки і теплотехніки.

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 навчальним 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). Теми 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. Способи підвищення ефективності теплоенергопостачання.
2. Історія розвитку теплотехніки.
3. Історія розвитку термодинаміки як науки.

4. Основні теплотехнічні величини та їх розмірності в системі СІ. Температурні шкали Цельсія та Кельвіна, що в них спільного і відмінного.
5. Визначення термодинамічної системи, процесу і циклу.
6. Поняття теплоємності та її різновидності. Рівняння Майєра і показника адіабати κ .
7. Основні параметри стану робочого тіла – температура, тиск, об'єм.
8. Теплові або калоричні параметри стану – внутрішня енергія, ентальпія, ентропія.
9. Визначення і поняття теплоти і роботи. Зображення в PV – , TS – координатах.
10. Методика дослідження термодинамічних процесів зміни стану робочого тіла.
11. Дослідження ізотермного термодинамічного процесу.
12. Дослідження ізохорного термодинамічного процесу.
13. Дослідження ізобарного термодинамічного процесу.
14. Дослідження політропного термодинамічного процесу.
15. Визначення ідеального газу. Універсальне рівняння стану ідеального газу Менделєєва-Клапейрона.
16. Визначення реального газу. Рівняння станів реальних газів Ван-дерВаальса, Бертло, Дітерічі.
17. Визначення і аналітичний вираз першого закону термодинаміки.
18. Визначення і аналітичний вираз другого закону термодинаміки.
19. Витікання і дроселювання газів і парів. Сопло Лавалю.
20. Поняття і визначення термічного К.К.Д. і холодильного коефіцієнта ϕ .
21. Прямий і обернений цикли Карно. Теорема Карно.
22. Фазова PV – діаграма води і водяної пари.
23. HS – діаграма водяної пари. Аналіз процесів, які відбуваються з робочим тілом в елементах паросилової установки з допомогою HS – діаграми.
24. Вологе повітря. HD – діаграма вологого повітря. Аналіз процесів, які відбуваються з робочим тілом в сушарках з допомогою HD – діаграми.
25. Принципова схема поршневого ДВЗ з підводом теплоти при $V=\text{const}$ (цикл Отто). Індикаторна діаграма. Термодинамічний аналіз циклу з допомогою PV і TS діаграм, параметри циклу, термічний К.К.Д., середній індикаторний тиск і зовнішня корисна робота за цикл.
26. Принципова схема поршневого ДВЗ з підводом теплоти при $P=\text{const}$ (цикл Дизеля). Індикаторна діаграма. Термодинамічний аналіз циклу з допомогою PV і TS діаграм, параметри циклу, термічний К.К.Д., середній індикаторний тиск і зовнішня корисна робота за цикл.

27. Принципова схема поршневого ДВЗ із змішаним підводом теплоти при $V=\text{const}$, $P=\text{const}$ (цикл Трінклера). Індикаторна діаграма. Термодинамічний аналіз циклу з допомогою PV і TS діаграм, параметри циклу, термічний К.К.Д., середній індикаторний тиск і зовнішня корисна робота за цикл.

28. Компресор. Визначення, схеми, принципи дій. Термодинамічний аналіз стиску газу в односхідчастому поршневому компресорі з допомогою PV і TS діаграм.

29. Трьохсхідчастий охолоджуваний компресор. Принципова схема і термодинамічний аналіз стиску газу з допомогою PV і TS діаграм.

30. Газотурбінні установки (ГТУ). Принципова схема ГТУ з підводом теплоти при $P=\text{const}$ і термодинамічний аналіз циклу з допомогою PV і TS діаграм.

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 «Основи термодинаміки та теплотехніки» використовуються наступні засоби оцінювання та методи демонстрування результатів навчання:

- поточне оцінювання;
- проміжне модульне оцінювання;
- оцінювання результатів проходження тренінгу; -оцінювання результатів самостійної роботи;

-екзамен.

ПОЛІТИКА ЩОДО ОЦІНЮВАННЯ ТА ВІДВІДУВАННЯ

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: 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 визнання 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 «Основи термодинаміки та теплотехніки» визначається як середньозважена величина, залежно від питомої ваги кожної складової залікового кредиту:

Структура залікового кредиту для студентів (екзамен) %:

Модуль 1		Модуль 2		Модуль 3	Модуль 4	Модуль 5
10%	10%	10%	10%	5%	15%	40%
Поточне оцінювання	Модульний контроль	Поточне оцінювання	Модульний контроль	Тренінг	Самостійна робота	Екзамен

Оцінка за поточне опитування визначається як середнє арифметичне оцінок, отриманих за теми 1-4	Підсумкова письмова робота за темами 1-4	Оцінка за поточне опитування визначається як середнє арифметичне оцінок, отриманих за теми 5-8	Підсумкова письмова робота за темами 5-8	Оцінка за виконання завдання з тренінгу	Оцінка за виконання завдання самостійної роботи	Два теоретичні питання по 30 балів. Практичне завдання – 40 балів
--	--	--	--	---	---	---

Поточне опитування під час заняття:

90-100 балів – у повному обсязі володіє навчальним матеріалом, вільно самостійно 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.

Екзамен – вид підсумкового контролю, при якому засвоєння студентом теоретичного та практичного матеріалу оцінюється від 0 до 100 балів як сума балів за виконані завдання. Екзаменаційний білет складається із:

1. Двох теоретичних питань, за відповідь на кожне з яких студент може отримати від 0 до 30 балів.

15-30 балів – у повному обсязі володіє навчальним матеріалом, всебічно, самостійно 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

2. *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 самостійність виконання.

10-29 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 самостійність виконання.

1-9 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

РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ

1. Бакка М.Т. Основи термодинаміки. Навч. посіб. Житомир: ЖІТІ, 2000. 210 с.

2. Джеджула В.В. Енергозбереження промислових підприємств: методологія формування, механізм управління. Монографія. Вінниця: ВНТУ, 2014. 346 с.
3. Драганов Б.Х., Долінський А.А., Міщенко А.В. Теплотехніка: Підручник. Київ: «ІНКОС», 2005. 504 с.
4. Дубровська В.В., Шкляр В.І. Термодинаміка та теплообмін: навч. посіб. Київ: НТУУ «КПІ», 2016. 150 с.
5. Константинов С.М., Панов Є.М. Теоретичні основи теплотехніки: Підручник. Київ: «Золоті ворота», 2012. 592 с.
6. Краснянський М.Ю. Енергозбереження: навчальний посібник. Київ: Видавничий дім «Кондор», 2018. 136 с.
7. Касянчук М.М. Методичні вказівки з вивчення дисципліни “Основи термодинаміки та теплотехніки” для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за спеціальністю G3 «Електрична інженерія» галузі знань G «Інженерія, виробництво та будівництво» Тернопіль: Вектор, 2025. 24 с.
8. Касянчук М.М. Методичні рекомендації до виконання самостійної роботи студентів з дисципліни “Основи термодинаміки та теплотехніки” для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за спеціальністю G3 «Електрична інженерія» галузі знань G «Інженерія, виробництво та будівництво» . Тернопіль: Вектор, 2025. 28 с.
9. Касянчук М.М. Електронний курс з дисципліни «Основи термодинаміки та теплотехніки» на платформі Moodle ЗУНУ
10. 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.
11. 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>
12. Babu V. Fundamentals of Engineering Thermodynamics. CRC Press, Taylor & Francis Group, 2020. 440 p.
13. Bejan A. Advanced Engineering Thermodynamics. 4th Edition. John Wiley & Sons, Inc., 2016. 782 p.
14. Borgnakke C. Sonntag R.E. Fundamentals of Thermodynamics, 10th Edition. Wiley, Hoboken, 2019. 813 p.
15. Kasianchuk M., Basistyi P., Humovska I., Mokhun S., Chopyk P., Belova I. Mathematical Model of Effective Thermal Parameters under Dynamic Thermal Fields in Photothermal Experiments. Proceedings of the 15th International Conference on Advanced Computer Information Technologies (ACIT), Sibenik, Croatia, 2025, pp. 79-82.

16. Mokhun S., Fedchyshyn O., Kasianchuk M., Chopyk P., Basistyi P., Matsyuk V. Stellarium Software as a Means of Development of Students' Research Competence While Studying Physics and Astronomy. 12th International Conference on Advanced Computer Information Technologies, ACIT 2022, 2022. P. 587–591.
17. Can Gulen S. Applied Second Law Analysis of Heat Engine Cycles. Boca Raton: CRC Press, 2023. 298 p.
18. Cengel Yunus A., Boles Michael A., Kanoglu Mehmet. Thermodynamics: An Engineering Approach. 10th Edition. McGraw-Hill, 2023. 977 p.
19. Colonna P., van der Stelt T.P. Thermodynamics: Fundamentals and Engineering Applications. Solution Manual. Cambridge University Press, 2019. 296 p.
17. Desmet B. Thermodynamics of Heat Engines. London: Wiley-ISTE, 2022. 258 p.
18. Granet I., Alvarado J., Bluestein M. Thermodynamics and Heat Power. 9th edition. CRC Press, 2021. 864 p.
19. Helal M. Graphical Thermodynamics and Ideal Gas Power Cycles: Ideal Gas Thermodynamics in Brief. Momentum Press, 2017. 303 p.
20. Kassim M. Engineering Thermodynamics. Mercury Learning & Information, 2022. 1441 p.