

# СИЛАБУС КУРСУ

## ОСНОВИ ТЕРМОДИНАМІКИ ТА ТЕПЛОТЕХНІКИ



Ступінь вищої освіти – перший (бакалаврський)  
Освітньо-професійна програма «Енергетичний аудит»

Кількість кредитів ECTS – 4

Рік навчання – 1, семестр – 2

Мова викладання – українська

**Керівник курсу:** к.е.н., доцент Микола Горлачук

**Контактна інформація:** m.horlachuk@wunu.edu.ua

+38 0352 47-50-50\*12-221

### ОПИС ДИСЦИПЛІНИ

Мета вивчення навчальної дисципліни «Основи термодинаміки та теплотехніки» полягає у засвоєнні студентами методів утримання, перетворення, передачі та 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.

### СТРУКТУРА КУРСУ

<i>Години (лек./ практ.)</i>	<i>Тема</i>	<i>Результати навчання</i>	<i>Завдання</i>
2/2	Тема 1. Основні поняття та визначення термодинаміки	Знати: 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». 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.	Тести, питання, ситуаційні задачі
4/4	Тема 2. Перший та другий закони термодинаміки	Знати: 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. Поняття про ентропію і її зміну в термодинамічних процесах. Ентропія і працездатність ізольованої системи. Ексергія. Тепловий баланс паротурбінної установки. T – S	Тести, питання, ситуаційні задачі

		діаграма. Основні параметри стану води і водяної пари: насичена, перегріта, суха водяна пара. Основні формулювання другого закону термодинаміки. Ентропія системи. TS - діаграма. Кругові термодинамічні процеси і цикли. Межі використання другого закону термодинаміки.	
4/4	Тема 3. Основні закони ідеальних газів. Суміші ідеальних газів	Знати: 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.	Тести, питання, ситуаційні задачі
4/4	Тема 4. Термодинамічні процеси. Термодинаміка вологого повітря. Термодинаміка потоку	Знати: 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.	Тести, питання, ситуаційні задачі
4/4	Тема 5. Основні теорії теплообміну. Теплопровідність. Теплопередача	Знати: 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	Тести, питання, ситуаційні задачі

		за фізичним станом, за способом його отримання.	
4/4	Тема 6. Енергетичне паливо. Процес горіння палива	Знати: 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. Умовне 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.	Тести, питання, ситуаційні задачі
4/4	Тема 7. Топочні пристосування. Котельні установки. Цикли теплосилових установок	Знати: Основи теорії горіння. Класифікація топчок. 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. Техніко-економічні 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.	Тести, питання, ситуаційні задачі
4/4	Тема 8. Теплообмінні апарати	Знати: 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 перевірного розрахунку рекуперативних теплообмінників. Порівняння прямотечійного і протитечійного рекуператорів.	Тести, питання, ситуаційні задачі

### РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ

1. Драганов Б.Х., Долінський А.А., Міщенко А.В. Теплотехніка: Підручник. Київ: «ІНКОС», 2005. 504 с.
2. Дубровська В.В., Шкляр В.І. Термодинаміка та теплообмін: навч. посіб. Київ: НТУУ «КПІ», 2016. 150 с.
3. Константінов С.М., Панов Є.М. Теоретичні основи теплотехніки: Підручник. Київ: «Золоті ворота», 2012. 592 с.
4. Краснянський М.Ю. Енергозбереження: навчальний посібник. Київ: Видавничий дім «Кондор», 2018. 136 с.

5. Babu V. Fundamentals of Engineering Thermodynamics. CRC Press, Taylor & Francis Group, 2020. 440 p.
6. Can Gulen S. Applied Second Law Analysis of Heat Engine Cycles. Boca Raton: CRC Press, 2023. 298 p.
7. Cengel Yunus A., Boles Michael A., Kanoglu Mehmet. Thermodynamics: An Engineering Approach. 10th Edition. McGraw-Hill, 2023. 977 p.
8. Dam S.A. (Ed.) Heat Capacity: Theory and Measurement. Nova, 2020. 179 p.
9. Dehli M., Doering E., Schedwill H. Fundamentals of Technical Thermodynamics: Textbook for Engineering Students. Wiesbaden: Springer, 2022. 622 p.
10. Desmet B. Thermodynamics of Heat Engines. London: Wiley-ISTE, 2022. 258 p.
11. Di Bella Francis A. Applying Engineering Thermodynamics: A Case Study Approach. World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., 2021. 581 p.
12. Di Vita A. Non-equilibrium Thermodynamics. Springer, 2022. 239 p.
13. Dincer I. Thermodynamics: A Smart Approach. Wiley, 2021. 674 p.
14. Dincer I., Rosen M.A. (eds.) Exergy. Energy, Environment and Sustainable Development. 3rd edition. Boston: Elsevier Science, 2020. 698 p.
15. El-Awad. M.M. Computer-Aided Thermofluid Analyses using Excel. Sohar: University of Technology and Applied Sciences College of Applied Sciences, 2021. 280 p.
16. Foust H.C. III Thermodynamics, Gas Dynamics, and Combustion. Cham: Springer, 2022. 408 p.
17. Gicquel Renaud. Energy Systems: A New Approach to Engineering Thermodynamics. 2nd edition. CRC Press, 2021. 565 p.
18. Gill S.P.A. Thermodynamics, Kinetics and Microstructure Modelling. IOP Publishing Ltd., 2022. 174 p.
19. Granet I., Alvarado J., Bluestein M. Thermodynamics and Heat Power. 9th edition. CRC Press, 2021. 864 p.
20. Helal M. Graphical Thermodynamics and Ideal Gas Power Cycles: Ideal Gas Thermodynamics in Brief. Momentum Press, 2017. 303 p.
21. Kassim M. Engineering Thermodynamics. Mercury Learning & Information, 2022. 1441 p.
22. McGraw-Hill Education. Engineering Thermodynamics: Pixel- Exam Guide. McGraw-Hill, 2018. — 306 p.
23. Moran Michael J. et al. Moran's principles of engineering thermodynamics, by Michael J. Moran. SI Version, Global Edition. Wiley, 2023. 783 p.

## 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 академічної доброчесності:* Письмові роботи підлягають перевірці на наявність плагіату та допускаються до захисту з коректними текстовими запозиченнями. Використання друкованих і електронних джерел інформації під час контрольних заходів та екзаменів заборонене.

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

## КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ

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
Середнє арифметичне з оцінок, отриманих під час занять (кожен здобувач має бути оцінений не рідше як раз на два заняття)	Письмова робота: 1. Теоретичні питання (2) max 40 балів 2. Практичні завдання (3) max 60 балів	Середнє арифметичне з оцінок, отриманих під час занять (кожен здобувач має бути оцінений не рідше як раз на два заняття)	Письмова робота: 1. Теоретичні питання (2) max 50 балів 2. Лабораторні завдання (3) max 50 балів	Середнє арифметичне з оцінок, отриманих під час тренінгу	Середнє арифметичне з оцінок, отриманих під час вивчення дисципліни за самостійну роботу	1. Тестові завдання (10) max 20 балів 2. Теоретичні питання (2) max 40 3. Лабораторні завдання (1) max 20 4. Практичні Завдання (1) max 20

### Шкала оцінювання:

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