

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

Кафедра інженерії енергосистем

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Директор ННІ енергетики,
автоматики і енергозбереження
Каплун В.В.

“ ” 20 р.

“СХВАЛЕНО”

на засіданні кафедри інженерії
енергосистем
протокол № 7 від
“27” 05 2025 р.
Завідувач кафедри _____
Антипов Є.О.

”РОЗГЛЯНУТО ”

Гарант ОП Теплоенергетика
_____ Шеліманова О.В.

**РОБОЧА ПРОГРАМА
НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
«ТЕХНІЧНА ТЕРМОДИНАМІКА»**

галузь знань 14 – "Електрична інженерія"
спеціальність 144 – «Теплоенергетика»
освітня програма Теплоенергетика
ННІ «Енергетики, автоматики і енергозбереження»
розробник: професор, д.т.н., Горобець Валерій Григорович

Опис навчальної дисципліни

Метою дисципліни є формування у студентів знання термодинамічних принципів, методів і набування практичних навичок функціонування та дослідження технологічних процесів в теплоенергетичних системах і енергетичних об'єктах агропромислового виробництва. При вивченні дисципліни студент: знайомиться із станом, основними поняттями і визначеннями теплотехніки, матеріальних потоків і теплової енергії; основними положеннями функціонування теплоенергетичних систем; аналізом типових (існуючих) технічних рішень.

Галузь знань, спеціальність, освітня програма, освітній ступінь		
Освітній ступінь	Бакалавр	
Спеціальність	144 – «Теплоенергетика»	
Освітня програма	Теплоенергетика	
Характеристика навчальної дисципліни		
Вид	обов’язкова	
Загальна кількість годин	300	
Кількість кредитів ECTS	10	
Кількість змістових модулів	4	
Курсовий проект (робота) (за наявності)		
Форма контролю	екзамен	
Показники навчальної дисципліни для денної та заочної форм здобуття вищої освіти		
	Форма здобуття вищої освіти	
	денна	Заочна
Курс (рік підготовки)	2-й	
Семестр	3-4-й	
Лекційні заняття	60 год.	год.
Практичні, семінарські заняття	60 год.	год.
Лабораторні заняття	60 год.	год.
Самостійна робота	120 год.	год.
Кількість тижневих аудиторних годин для денної форми здобуття вищої освіти	6 год.	

1. Мета? компетентності та програмні результати навчальної дисципліни

Мета — засвоєння майбутніми інженерами-теплоенергетиками теоретичних основ термодинаміки, теорії тепломасообміну, раціонального використання тепло енергоресурсів та захисту навколишнього середовища.

Набуття компетентностей:

Інтегральна компетентність:

ІК1. Здатність розв'язувати складні загальні, спеціалізовані задачі та практичні проблеми у сфері теплоенергетики або у процесі навчання, що передбачає застосування

теорій та методів електричної інженерії і характеризується комплексністю та невизначеністю умов.

Загальні компетентності (ЗК):

ЗК3. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.

ЗК9. Здатність приймати обґрунтовані рішення.

Фахові компетентності (ФК):

СК2. Здатність застосовувати і інтегрувати знання і розуміння інших інженерних дисциплін для вирішення професійних проблем.

СК7. Здатність враховувати ширший міждисциплінарний інженерний контекст у професійній діяльності в сфері теплоенергетики.

СК8. Здатність використовувати наукову і технічну літературу та інші джерела інформації у професійній діяльності в теплоенергетичній галузі.

СК13. Здатність демонструвати розуміння розвитку сфери теплоенергетики та агросектору шляхом переходу від традиційних до відновлювальних джерел енергії.

Програмні результати навчання:

РН-1. Знання і розуміння математики, фізики, хімії, газодинаміки, тепломасообміну, технічної термодинаміки, міцності, трансформації (перетворення) енергії, технічної механіки, що лежать в основі спеціальності «Теплоенергетика» на рівні, необхідному для досягнення результатів освітньої програми.

РН-6. Здатність використовувати набуті знання, зокрема у сфері біотехнологій, на підприємствах сфери теплоенергетики та агросектору для побудови систем енергопостачання об'єктів на їх основі.

РН-14. Здатність продемонструвати систематичне розуміння ключових аспектів та концепцій у сфері теплоенергетики, технології виробництва, передачі, розподілу і використання енергії.

2. Програма та структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин											
	денна форма						Заочна форма					
	усього	у тому числі					усього	у тому числі				
		Л	п	лаб	інд	с.р.		л	п	лаб	інд	с.р.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Змістовий модуль 1. Термодинаміка та властивості реальних газів												
Тема 1. Технічна термодинаміка, як теоретична основа функціонування теплових машин, холодильних установок та систем теплопостачання	15	3	3	3		6						

Тема 2. Технічна термодинаміка. Основні поняття та рівняння стану.	15	3	3	3		6						
Тема 3. Теплота та робота – дві форми енергії. Перший закон термодинаміки. Основне рівняння термодинаміки.	15	3	3	3		6						
Тема 4. Аналіз основних термодинамічних процесів ідеального газу.	15	3	3	3		6						
Тема 5. Загальні властивості реальних газів.	15	3	3	3		6						
Разом за змістовим модулем 1	75	15	15	15		30						
Змістовий модуль 2. <u>Термодинамічні цикли</u>												
Тема 6. Основні процеси і діаграми водяної пари та парогазових сумішей.	15	3	3	3		6						
Тема 7. Другий закон термодинаміки. Цикли. Цикл Карно та його властивості.	15	3	3	3		6						
Тема 8. Математичний вираз другого закону термодинаміки. Ексергія. Ексергетичний аналіз циклів.	15	3	3	3		6						
Тема 9. Термодинаміка потоку газів і парів. Рівняння I закону термодинаміки для потоку.	15	3	3	3		6						
Тема 10. Цикл Майсоценка.	15	3	3	3		6						
Разом за змістовим модулем 2	75	15	15	15		30						
Змістовий модуль 3. <u>Цикли теплових двигунів</u>												
Тема 11. Ефективність циклів теплових двигунів.	15	3	3	3		6						
Тема 12. Цикли	15	3	3	3		6						

поршневих двигунів внутрішнього згоряння.													
Тема 13. Цикли газотурбінних установок .	15	3	3	3		6							
Тема 14. Багатоступінчаті і замкнені ГТУ.	15	3	3	3		6							
Тема 15. Цикли реактивних двигунів.	15	3	3	3		6							
Разом за змістовим модулем 3	75	15	15	15		30							
Змістовий модуль 4. Теплосилові цикли і цикли холодильних машин													
Тема 16. Теплосилові цикли прямого перетворення теплоти в електроенергію.	15	3	3	3		6							
Тема 17. Теплосилові парові цикли.	15	3	3	3		6							
Тема 18. Теплофікаційні цикли.	15	3	3	3		6							
Тема 19. Цикли парогазових установок.	15	3	3	3		6							
Тема 20. Зворотні теплові цикли і процеси. Холодильні установки. Цикл парокомпресійної холодильної установки.	15	3	3	3		6							
Разом за змістовим модулем 4	75	15	15	15		30							
Усього годин	300	60	60	60		120							
Курсовий проект (робота) з <u>теплотехніки</u> (якщо є в робочому навчальному плані)	24	-	-	-		-		-	-	-		-	
Усього годин	300	60	60	60		120							

3. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Визначення теплоємності повітря.	6
2	Дослідження ізотермічного процесу	6

3	Вивчення політропних процесів розширення та стискування повітря при роботі поршневого компресора	8
4	Дослідження процесів у вологому повітрі	8
5	Вивчення залежності тиску насиченої пари від температури.	8
6	Дослідження процесів у водяній парі.	8
7	Випробування поршневого компресора	8
8	Випробування парокompресійної холодильної установки	8

Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Термічне рівняння стану ідеального газу	4
2	Визначення теплоти і роботи в окремих термодинамічних процесах	6
3	Суміш ідеальних газів	4
4	Вивчення характеристик ідеального циклу Карно	8
5	Загальна характеристика циклів теплових машин	8
6	Схема та цикл паросилової установки	8
7	Вивчення циклів поршневих ДВЗ	8
8	Аналіз циклів ГТУ з підведенням теплоти при сталому тиску та сталому об'ємі	8
9	Термодинамічний цикл холодильної установки та теплової помпи	6

4. Теми самостійної роботи

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Розрахунок процесів ідеального газу.	30
2	Процеси зміни стану водяної пари.	30
3	Розрахунок процесу витікання пари через просте звужуюче сопло і сопло Лавалю	30
4	Способи підвищення ККД циклу Ренкіна	30

5. Методи та засоби діагностики результатів навчання:

- усне або письмове опитування;
- співбесіда;
- тестування;
- захист лабораторних/практичних, розрахункових/графічних робіт, проектів;
- пірінгове оцінювання, самооцінювання.

6. Методи навчання:

- метод проблемного навчання;
- метод практико-орієнтованого навчання;
- кейс-метод;
- метод проєктного навчання;
- метод перевернутого класу, змішаного навчання;
- метод навчання через дослідження;
- метод навчальних дискусій та дебат;
- метод командної роботи, мозкового штурму
- метод гейміфікованого навчання.
-

7. Оцінювання результатів навчання.

Оцінювання знань здобувача вищої освіти відбувається за 100-бальною шкалою і переводиться в національну оцінку згідно чинного «Положення про екзамени та заліки у НУБіП України»

8.1. Розподіл балів за видами навчальної діяльності

Вид навчальної діяльності	Результати навчання	Оцінювання
Модуль 1. Термодинаміка та властивості реальних газів		
Лабораторна робота 1.	Вивчення I закону термодинаміки, основних процесів ідеальних газів	10
Лабораторна робота 2.		10
Лабораторна робота 3		10
Практичне заняття 1		10
Практичне заняття 2		10
Практичне заняття 3		10
Самостійна робота 1.		30
Модульний контроль	Тестування	10
Всього за модулем 1		100
Модуль 2. Термодинамічні цикли		
Лабораторна робота 4	Вивчення II закону термодинаміки, ідеальних термодинамічних циклів	15
Лабораторна робота 5		15
Практичне заняття 4		15
Практичне заняття 5		15
Самостійна робота 2.		30
Модульний контроль	Тестування	10
Всього за модулем 2		100
Модуль 3. Цикли теплових двигунів		
Лабораторна робота 6	Поглиблення знань про прямі термодинамічні цикли	15
Лабораторна робота 7		15
Практичне заняття 6		15
Практичне заняття 7		15
Самостійна робота 3.		30
Модульний контроль	Тестування	10
Всього за модулем 3		100
Модуль 4. Теплосилові цикли і цикли холодильних машин		
Лабораторна робота 8	Поглиблення знань про зворотні термодинамічні цикли	20
Практичне заняття 8		20
Практичне заняття 9		20

Самостійна робота 3.		30
Модульний контроль		10
Всього за модулем 4		100
Навчальна робота	$(M1 + M2)/2 \cdot 0,7 \leq 70$	
Екзамен/залік	30	
Всього за курс	$(\text{Навчальна робота} + \text{екзамен}) \leq 100$	
Курсовий проект/робота (за наявності)		100

8.2. Шкала оцінювання знань здобувача вищої освіти

Рейтинг здобувача вищої освіти, бали	Оцінка за національною системою (екзамени/заліки)
90-100	відмінно
74-89	добре
60-73	задовільно
0-59	незадовільно

8.3. Політика оцінювання

Політика щодо дедлайнів та перескладання	<i>НАПРИКЛАД:</i> роботи, які здаються із порушенням термінів без поважних причин, оцінюються на нижчу оцінку. Перескладання модулів відбувається із дозволу лектора за наявності поважних причин (наприклад, лікарняний).
Політика щодо академічної доброчесності	<i>НАПРИКЛАД:</i> списування під час контрольних робіт та екзаменів заборонені (в т.ч. із використанням мобільних девайсів). Курсові роботи, реферати повинні мати коректні текстові посилання на використану літературу
Політика щодо відвідування	<i>НАПРИКЛАД:</i> відвідування занять є обов'язковим. За об'єктивних причин (наприклад, хвороба, міжнародне стажування) навчання може відбуватись індивідуально (в он-лайн формі за погодженням із деканом факультету)

8. Навчально-методичне забезпечення:

- електронний навчальний курс навчальної дисципліни (на навчальному порталі НУБіП України eLearn - *посилання*) **ОБОВ'ЯЗКОВО**;
- посилання на цифрові освітні ресурси;
- підручники, навчальні посібники, практикуми;
- методичні матеріали щодо вивчення навчальної дисципліни для здобувачів вищої освіти денної та заочної форм здобуття вищої освіти;
- програма навчальної (виробничої) практики навчальної дисципліни (якщо вона передбачена навчальним планом).

9. Рекомендовані джерела інформації

Основна література

1. Горобець В.Г. Теплоенергетичні установки і системи. 2023. ЦП Компрінт, 523 с.
2. Г. Б. Варламов, Г. М. Любчик, В. А. Маляренко. Теплоенергетичні установки та екологічні аспекти виробництва енергії. Київ. «Політехніка». 2003. 42 с.
3. В.А. Маляренко. Енергетика і навколишнє середовище. Харків Видавництво САГА. 2008. 405 с.

4. Горобець В.Г. Когенераційні установки. - Київ. –ЦП «Компринт». 2016. – 300 с.
5. Горобець В.Г. Основи теплотехніки. 2019. ЦП Компринт, 400 с.

Додаткова література

1. Теплотехніка / [упор. Б.Х.Драганов, О.С.Бессараб, А.А.Долінський та ін.] ; під ред. Б.Х. Драганова. – [2-е вид.]. – Київ: в-во «Фірма «ІНКОС», 2005. – 400 с.
2. Горобець В.Г. Теплотехніка та використання теплоти в сільському господарстві. – Київ. –ЦП «Компринт». 2015. – 389 с.

10. Інформаційні ресурси

1. . Тепловые насосы в теплоснабжении...
<http://dspace.nbuv.gov.ua/bitstream/handle/123456789/61396/14-Dolinsky.pdf?sequence=1>
2. Термодинамические основы тепловых насосов
http://window.edu.ru/resource/285/67285/files/Wasjkow_ucheb.pdf
3. Использование солнечной энергии в системах теплоснабжения. Курсовое проектирование
https://www.bsatu.by/sites/default/files/field/publikatsiya_file/ispolzovanie-solnechnoy-energii-v-sistemah-teplosnabzheniya-kursovoe-proektirovanie.pdf
4. Современные технологии энергосбережения
file:///C:/Users/User/Downloads/%D0%9A%D0%BE%D0%BD%D1%84%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%BD%D1%86%D0%B8%D1%8F_27.02.2017.PDF