


**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

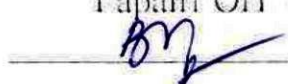
“ЗАТВЕРДЖУЮ”
Директор ІІІ енергетики,
автоматики і енергозбереження
(Каплун В.В.)
_____ 2023 р.



“СХВАЛЕНО”
на засіданні кафедри теплоенергетики
протокол № _____ від “_____” _____ 2023 р.
в.о. завідувача кафедри
(Литвинов С.О.)



“РОЗГЛЯНУТО”
Гарант ОП Теплоенергетика
(Горобець В.Г.)



РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

«ТЕХНІЧНА ТЕРМОДИНАМІКА»

спеціальність 144 – «Теплоенергетика»
освітня програма 144 Теплоенергетика
ННІ «Енергетики, автоматики і енергозбереження»
кафедра «Теплоенергетики»
розробник: професор, д.т.н., Горобець Валерій Григорович

1. Опис навчальної дисципліни

Технічна термодинаміка

(назва)

Освітній ступінь, галузь знань, спеціальність, освітня програма		
Освітній рівень	Бакалавр	
Галузь знань	14 – Електрична інженерія	
Спеціальність	144 – Теплоенергетика	
Освітня програма	144 Теплоенергетика	
Характеристика навчальної дисципліни		
Вид	Обов'язкова	
Загальна кількість годин	240	
Кількість кредитів ECTS	8,0	
Кількість змістових модулів	4,0	
Форма контролю	<i>Іспит</i>	
Показники навчальної дисципліни для денної та заочної форм навчання		
	денна форма навчання	заочна форма навчання
Рік підготовки (курс)	2-й	
Семестр	1-й і 2-й	
Лекційні заняття	60 год.	
Практичні, семінарські заняття	30 - год.	
Лабораторні заняття	60 год.	
Самостійна робота	90 год.	
Індивідуальні завдання	- год.	
Кількість тижневих аудиторних годин для денної форми навчання	4 год. (6 год)	
Курсовий проект (робота)	20 год.	

2 Мета та завдання навчальної дисципліни

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

Завдання — підготувати бакалаврів до практичної і наукової діяльності в області сучасних і пріоритетних методах підвищення рівня вирішення енергетичних проблем, у тому числі двигунів внутрішнього згорання, паросилових та газотурбінних установок електростанцій, тощо. Основне завдання вивчення дисципліни полягає у підготовці студентів до наступних етапів навчання, а також до практичної діяльності на виробництві.

В результаті вивчення дисципліни студенти повинні

знати:

- основи технічної термодинаміки;
- основні положення теорії тепло масообміну;
- теплові процеси в теплоенергетичних установках.

уміти:

- виконувати теплотехнічні розрахунки різноманітних технологічних процесів сільського господарства;
- застосовувати сучасні технології при проектуванні теплоенергетичних установок різного призначення;
- давати техніко-економічне обґрунтування прийнятих інженерних рішень.
-

Набуття компетентностей:

Загальні компетентності (ЗК):

ЗК1. Здатність реалізувати свої права і обов'язки як члена суспільства, усвідомлювати цінності громадянського (вільного демократичного) суспільства та необхідність його сталого розвитку, верховенства права, прав і свобод людини і громадянина в Україні.

ЗК2. Здатність зберігати та примножувати моральні, культурні, наукові цінності і досягнення суспільства на основі розуміння історії та закономірностей розвитку предметної області, її місця у загальній системі знань про природу і суспільство та у розвитку суспільства, техніки і технологій, використовувати різні види та форми рухової активності для активного відпочинку та ведення здорового способу життя.

ЗК3. Розуміння та власне осмислення основних світоглядних концепцій і принципів у навчанні і професійній діяльності.

ЗК4. Здатність до критичного мислення, аналізу і синтезу.

ЗК5. Розуміння необхідності, дотримання правил безпеки життєдіяльності та виконання вимог охорони праці. Екологічна грамотність. Орієнтація на досягнення життєвого успіху та здорового способу життя.

ЗК7. Здатність до роботи в команді.

ЗК8. Здатність до аналізу та синтезу науково-технічної, природничо-наукової та загальнонаукової інформації.

Фахові компетентності (ФК):

ФК1. Здатність удосконалювати аналітичні методи та комп'ютерні програмні засоби для розв'язування інженерних завдань технічного обслуговування і ремонту, зокрема, в умовах технічної невизначеності.

ФК2. Здатність застосовувати передові технології для технічного обслуговування і ремонту, наукові факти, концепції, теорії, принципи.

ФК3. Здатність застосовувати та вдосконалювати наявні кількісні математичні, наукові й технічні методи, а також комп'ютерні програмні засоби для розв'язування інженерних завдань технічного обслуговування і ремонту.

ФК4. Здатність втілювати передові інженерні розробки для отримання практичних результатів.

ФК5. Здатність вирішувати перспективні завдання сучасного виробництва, спрямовані на задоволення потреб споживачів.

ФК6. Здатність визначати техніко-економічну ефективність теплоенергетичних установок, процедуру ремонту енергообладнання й засобів автоматизації та їхніх складників.

ФК7. Здатність демонструвати творчий і новаторський потенціал у проектних розробках з експлуатації теплоенергетичних установок.

ФК8. Здатність використовувати знання на засадах комерційної та економічної діяльності.

ФК9. Здатність розробляти плани й проекти, спрямовані на досягнення поставленої мети і зорієнтовані на наявні ресурси, розпізнавати та керувати чинниками, що впливають на витрати у планах і проектах.

ФК10. Здатність застосовувати норми державних й галузевих стандартів.

ФК11. Здатність використовувати знання в розв'язуванні завдань підвищення експлуатації теплоенергетичних установок та її контролювання.

ФК12. Здатність демонструвати розуміння, у яких царинах можна використовувати інженерні знання.

ФК13. Здатність застосовувати системний підхід для розв'язування інженерних завдань.

ФК14. Здатність керувати проектами та оцінювати їхні результати.

ФК15. Здатність демонструвати розуміння вимог до інженерної діяльності щодо забезпечування сталого розвитку.

ФК16. Здатність створювати і вміння захищати інтелектуальну власність.

3 Програма та структура навчальної дисципліни

- повного терміну денної форми навчання;

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. 1-й закон термодинаміки. Закони ідеальних газів та їх сумішей												
Тема 1. Технічна термодинаміка, як теоретична основа функціонування теплових машин, холодильних установок та систем теплопостачання	12	3		3		6						
Тема 2. Технічна термодинаміка. Основні поняття та рівняння стану.	12	3		3		6						
Тема 3. Теплота та робота – дві форми енергії. Перший закон термодинаміки. Основне рівняння термодинаміки.	12	3		3		6						
Тема 4. Аналіз основних термодинамічних процесів ідеального газу.	12	3		3		6						
Тема 5. Загальні властивості реальних газів.	12	3		3		6						
Разом за змістовим модулем 1	60	15		15		30						
Змістовий модуль 2. 2-й закон термодинаміки, Властивості реальних газів												
Тема 6. Основні процеси і діаграми водяної пари та парогазових сумішей.	12	3		3		6						

Тема 7. Другий закон термодинаміки. Цикли. Цикл Карно та його властивості.	12	3		3		6							
Тема 8. Математичний вираз другого закону термодинаміки. Ексергія. Ексергетичний аналіз циклів.	12	3		3		6							
Тема 9. Термодинаміка потоку газів і парів. Рівняння I закону термодинаміки для потоку.	12	3		3		6							
Тема 10. Цикл Майсоценка.	12	3		3		6							
Разом за змістовим модулем 2	60	15		15		30							
Змістовий модуль 3. Цикли теплових двигунів													
Тема 11. Ефективність циклів. Цикли поршневих двигунів.	12	3	3	3		3							
Тема 12. Цикли поршневих двигунів внутрішнього згорання.	12	3	3	3		3							
Тема 13. Цикли газотурбінних установок.	12	3	3	3		3							
Тема 14. Багатоступінчаті і замкнені ГТУ.	12	3	3	3		3							
Тема 15. Цикли реактивних двигунів.	12	3	3	3		3							
Разом за змістовим модулем 3	60	15	15	15		15							
Змістовий модуль 4. Теплосилові цикли і цикли холодильних машин													
Тема 16. Теплосилові цикли прямого перетворення теплоти в електроенергію.	12	3	3	3		3							
Тема 17. Теплосилові пари	12	3	3	3		3							

цикли.												
Тема 18. Теплофікаційні цикли.	12	3	3	3		3						
Тема 19. Цикли парогазових установок.	12	3	3	3		3						
Тема 20. Зворотні теплові цикли і процеси. Холодильні установки. Цикл парокомпресійної холодильної установки.	12	3	3	3		3						
Разом за змістовим модулем 4	60	15	15	15		15						
Усього годин	240	60	30	60		90						
Курсовий проект (робота) з <u>теплотехніки</u> (якщо є в робочому навчальному плані)	20	-	-	-		-		-	-	-		-
Усього годин	240	60	30	60		190						

4. Теми семінарських занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1		
2		
...		

5. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
2-й семестр		
1	Вивчення характеристик ідеального циклу Карно	4
2	Загальна характеристика циклів теплових машин	4
3	Схема та цикл паросилової установки	4
4	Способи підвищення ККД циклу Ренкіна	6
5	Основні вимоги до холодильних агентів	4
6	Термодинамічний цикл холодильної установки та теплової помпи	4
	Підсумкове заняття	4
ЗАІАЛОМ	30	

6. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
	1-й семестр	
	Вступне заняття	2
1	Визначення теплоємності повітря при атмосферному тиску	4
2	Дослідженню ізотермічного процесу ідеального газу	4
3	Вивчення політропних процесів розширення та стискання повітря при роботі поршневого компресора	4
4	Дослідження процесів у вологому повітрі	4
5	Вивчення залежності тиску насиченої пари від температури	4
6	Дослідження процесів у водяній парі	4
	Підсумкове заняття	4
ЗАГАЛОМ		30
	2-й семестр	
	Вступне заняття	2
1	Вивчення циклів поршневих ДВЗ з ізобарним (цикл Отто) та ізохорним (цикл Дизеля) підведенням теплоти	6
2.	Аналіз циклів ГТУ з підведенням теплоти при сталому тиску та сталому об'ємі.	6
3.	Випробування поршневого компресора	4
4	Визначення оптимальних параметрів регенеративного підігріву живильної води в циклі Ренкіна	4
5	Випробування парокompресійної холодильної установки	4
	Підсумкове заняття	4
ЗАГАЛОМ		30

7. Контрольні питання, комплекти тестів для визначення рівня засвоєння знань студентами

1. Що таке технічна термодинаміка?
2. Дайте визначення термодинамічної системи. З чого складається термодинамічна система?
3. Що таке кругові термодинамічні процеси або цикли?
4. Що таке термічні параметри термодинамічної системи?
5. Що таке тиск та в яких одиницях він вимірюється?
6. Що таке питомий об'єм та густина?
7. Що таке температура, одиниці та методи вимірювання температури?
8. Рівняння стану термодинамічної системи для ідеального та реального газу. Що таке газова постійна?
9. Що таке теплота і робота, одиниці її виміру?
10. Аналітичні вирази для теплоти та роботи, їх графічне представлення.
11. Що таке теплоємність, одиниці виміру теплоємності?
12. Закон Майєра.
13. Визначення теплоємності для суміші газів.

14. Калоричні параметри термодинамічної системи.
15. Перший закон термодинаміки та форми його математичного запису.
16. Основні термодинамічні процеси ідеального газу. Зв'язок термодинамічних параметрів в цих процесах.
17. Ізохорний процес та його рівняння. Графічне представлення ізохорного процесу.
18. Ізобарний процес та рівняння, що його описує. Графік ізобарного процесу.
19. Ізотермічний процес, його рівняння та графічне представлення.
20. Адіабатний процес. Рівняння адіабатного процесу та його графічна форма.
21. Відмінності між ідеальним і реальним газом. Правило Гіббса.
22. Що таке фазовий перехід? Графічне представлення фазових переходів. Фазові діаграми.
23. Водяна пара та її властивості.
24. Процес утворення пари в паровому котлі.
25. $i-s$ діаграма водяної пари.
26. Основні термодинамічні процеси водяної пари.
27. Парогазові суміші. Основні параметри вологого повітря.
28. $I-d$ діаграма вологого повітря.
29. Що таке ККД циклу?
30. Сформулювати другий закон термодинаміки.
31. Цикл та теорема Карно.
32. Регенеративний цикл Карно.
33. Зворотний цикл Карно.
34. Математичний вираз для другого закону термодинаміки.
35. Що таке ексергія?
36. Ексергетичний аналіз циклів.
37. Ексергетичний ККД.
38. Рівняння першого закону термодинаміки для потоку.
39. Що таке сопла типу «конфузор» та «дифузор»?
40. Математичне та графічне представлення параметрів потоку в соплах.
41. Що таке сопло Лавалю?
42. Що таке дроселювання потоку?
43. Що таке цикл Майсоценка?
44. Цикли поршневих двигунів.
45. Цикл Отто.
46. Цикл Дизеля.
47. Цикл Трінклера.
48. Цикли газотурбінних установок
49. Цикл простої ГТУ.
50. Цикл ГТУ з регенерацією.
51. Багатоступінчаті і замкнені ГТУ.
52. Теплосилові цикли прямого перетворення теплоти в електроенергію.
53. Цикл Ренкіна.
54. Теплофікаційні цикли.
55. Цикли парогазових установок.

56. Зворотні теплові цикли і процеси. Холодильні установки.

57. Цикл парокомпресійної холодильної установки.

8. Методи навчання

Методи організації та здійснення навчально-пізнавальної діяльності студентів, які використовуються при вивченні дисципліни:

1. В аспекті передачі і сприйняття навчальної інформації:
 - словесні (лекція);
 - наочні (ілюстрація, демонстрація).
2. В аспекті логічності та мислення:
 - пояснювально-ілюстративні (презентація);
 - репродуктивні (короткі тестові завдання).
3. В аспекті керування навчанням:
 - навчальна робота під керівництвом викладача;
 - самостійна робота під керівництвом викладача.
4. В аспекті діяльності в колективі:
 - методи стимулювання (додаткові бали за реферати, статті, тези).
5. В аспекті самостійної діяльності:
 - навчальний модуль: структурно-логічні схеми; вибіркові тести.

9. Форми контролю

Основними формами організації навчання під час вивчення дисципліни «Термодинаміка і теплотехніка» є лекції, з використанням мультимедійних засобів навчання, лабораторні заняття, доповідей на щорічні студентські конференції, консультації, самостійна робота студентів.

Відповідно до вище зазначених форм організації навчання формами контролю засвоєння програми є: самоконтроль, здача модульних тестів на elearn та здача іспиту за період вивчення дисципліни.

10. Розподіл балів, які отримують студенти

Оцінювання знань студента відбувається за 100-бальною шкалою і переводиться в національні оцінки згідно з табл. 1 «Положення про екзамени та заліки у НУБіП України» (наказ про уведення в дію від 27.12.2019 р. № 1371)

Рейтинг здобувача вищої освіти, бали	Оцінка національна за результатами складання	
	екзаменів	заліків
90 – 100	відмінно	зараховано
74-89	добре	
60-73	задовільно	
0-59	незадовільно	не зараховано

Для визначення рейтингу студента (слухача) із засвоєння дисципліни $R_{дис}$ (до 100 балів) одержаний рейтинг з підсумкової атестації $R_{па}$ (іспит, до 30 балів) додається до рейтингу студента (слухача) з навчальної роботи $R_{нр}$ (до 70 балів):

$$R_{дис} = R_{нр} + R_{па}$$

11. Методичне забезпечення

Наявність комп'ютерних класів, рекомендована література, методичні вказівки.

12. Рекомендована література

Основна література

1. Горобець В.Г. Основи теплотехніки. 2019. ЦП Компринт, 400 с.
2. 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 «ІНКІОС», 2005. – 400 с.
3. Горобець В.Г. Теплотехніка та використання теплоти в сільському господарстві. – Київ. – ЦП «Компринт». 2015. – 389 с.

Додаткова література

1. Горобець В.Г. Теплоенергетичні установки і системи. 2018. ЦП Компринт, 393 с.
2. Горобець В.Г. Когенераційні установки. - Київ. –ЦП «Компринт». 2016. – 300 с.
3. Алабовский А. Н., Константинов С. М., Недужий И. А. Теплотехника. – К.: Вища шк., 1986. – 256 с.
4. Арнольд Л. В., Михайловский Г. А., Селивестров В. М. Техническая термодинамика и теплопередача. – М.: Высш. шк., 1979. – 445 с.
5. Теплотехніка / О. Ф. Буляндра, Б. Х. Драганов, В. Г. Федорів та ін. – К.: Вища шк., 1998. – 333 с.
6. Драганов Б. Х., Кузнецов А. В., Рудобашта С. П. Теплотехника и применение теплоты в сельском хозяйстве. – М.: Агропромиздат, 1990. – 464 с.
7. Нащокин В. В. Техническая термодинамика и теплопередача. – М.: Высш. шк., 1975. – 496 с.
8. Теплотехника / Под ред. А. П. Баскакова. – М.: Энергоиздат, 1982. – 264 с.
9. Теплотехника / Под ред. В. И. Крутова. – М.: Машиностроение, 1986. – 427 с.
10. Техническая термодинамика / Под ред. В. И. Крутова. – М.: Машиностроение, 1991. – 384 с.
11. Юдаев Б. М. Техническая термодинамика. Теплопередача. – М.: Высш. шк., 1988. – 480 с.

12. J. Szargut. Termodynamika. – Warszawa, Państwowe wydawnictwo Naukowe, 1985.

13. Інформаційні ресурси

1. Кудинов, Карташов, Стефанюк: Теплотехника. Учебное пособие.

<https://www.labyrinth.ru/books/622980/>

2. Теплотехника : учебник для вузов / под общ. ред. А. М. Архарова, В. Н. Афанасьева. — 3-е изд., перераб. и доп. — М. : Изд-во МГТУ им. Н.Э. Бауман . <http://baumanpress.ru/books/347/347.pdf>

3. Теплотехніка: основи термодинаміки, теорія теплообміну, використання тепла в сільському господарстві. Навчальний посібник. <http://base.dnsgb.com.ua/files/book/teplotehnika.pdf>