

Міністерство освіти і науки України

**Національний університет водного господарства та
природокористування**

**Навчально-науковий інститут водного господарства та
природооблаштування**

Кафедра гідроенергетики, теплоенергетики та гідравлічних машин

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Проректор з науково-педагогічної,
методичної та виховної роботи

_____ О.А. Лагоднюк
«__» _____ 2020 р.

01-06-85

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
Program of the Discipline

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ТЕПЛОТЕХНІКИ
Theoretical bases of heat engineering

спеціальність
specialty

208 Агроінженерія
208 Agroengineering

Рівне – 2020

Робоча програма навчальної дисципліни «Теоретичні основи теплотехніки» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня, які навчаються за освітньо-професійною програмою «Агроінженерія» спеціальності 208 – «Агроінженерія». – Рівне: НУВГП, 2020. – 13 с.

Розробники:

Герасимов Г.Г., к.т.н., доцент кафедри гідроенергетики, теплоенергетики та гідравлічних машин

Поплавський Д.М., асистент кафедри гідроенергетики, теплоенергетики та гідравлічних машин

Робочу програму схвалено на засіданні кафедри гідроенергетики, теплоенергетики та гідромашин

Протокол № 10 від 30 квітня 2020 р.

Завідувач кафедри

О. А. Рябенко

Керівник групи забезпечення спеціальності «Агроінженерія»

О.О. Налобіна

Схвалено науково-методичною радою з якості ННМІ

Протокол № 3 від 12 травня 2020 р.

Голова науково-методичної Ради з якості ННМІ

М.М. Марчук

©Герасимов Г.Г., 2020
© Поплавський Д.М., 2020
© НУВГП, 2020

ВСТУП

Програма обов'язкової навчальної дисципліни «Теоретичні основи теплотехніки» складена відповідно до освітньо-професійної програми підготовки бакалавра спеціальності 208 «Агроінженерія».

Предметом навчальної дисципліни є формування теоретичних знань та практичних навичок для узагальнення основних законів термодинаміки для ідеальних і реальних газів, властивостей теплоносіїв, особливостей теплообміну способами теплопровідності, конвекції і випромінювання, аналізу термодинамічних процесів і кругових циклів теплових машин.

Міждисциплінарні зв'язки дисципліни входить до складу загальнотехнічних дисциплін. Вивчення дисципліни передбачає наявність систематичних і ґрунтовних знань з суміжних курсів – математика, фізика гідро газодинаміка. В свою чергу на ній ґрунтуються ряд спеціальних дисциплін.

Анотація

Теоретичні основи теплотехніки відіграють важливу роль в формуванні професійної компетентності й важливою передумовою академічної та професійної мобільності студентів. Інженерна практика показує, що спеціалістам в області агроінженерії приходиться вирішувати задачі, які пов'язані з використанням гідравлічних, аеродинамічних машин і теплових двигунів, розрахунками теплових схем і гідравлічних систем, експлуатацією теплоенергетичних установок. Володіння методами передбачення умов протікання процесів теплообміну і здатність оцінювати якість і ексергетичну ефективність кругових циклів теплових машин значно підвищує рівень кваліфікації спеціалістів в рамках компетентнісного підходу.

Ключові слова: закони термодинаміки, властивість теплоносіїв, теплоємність, ентальпія, ентропія, ексергія, теплопередача, термодинамічні процеси, теплообмінники, кругові термодинамічні цикли.

Abstract

Theoretical foundations of heat technology play an important role in the formation of professional competence and an important prerequisite for academic and professional mobility of students. Engineering practice shows that specialists in the field of agroengineering have to solve the problem associated with the use of hydraulic, wind machines and thermal engines, calculations of thermal schemes and hydraulic systems, operation of thermal power plants. Possession of methods of predicting the conditions of the processes of heat transfer and the ability to assess the quality and effectiveness exergetic circular cycles of heat engines significantly increases the level of qualification of specialists in the framework of the competence approach.

Keywords: laws of thermodynamics, properties of fluids, heat capacity, enthalpy, entropy, exergy, heat transfer, thermodynamic processes, heat exchangers, circular thermodynamic cycles.

**1. Опис навчальної дисципліни
«ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ТЕПЛОТЕХНІКИ»**

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність, спеціалізація, рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни	
		денна форма навчання	заочна форма навчання
1	2	3	4
Кількість кредитів – 3,5	Галузь знань 20 «Аграрні науки та продовольство»	Нормативна	
	Спеціальність: 208 „Агроінженерія”		
Модулів – 1	Спеціалізація	Рік підготовки	
		2-й,	4-й
Змістових модулів–2		Семестр	
		4-й.	7-й
Індивідуальне науково-дослідне завдання назва		Лекції	
		22 год.	2
Загальна кількість годин - 105		Практичні	
		0 годин	0
		Лабораторні	
		14	4
		Самостійна робота	
		69 год.	99
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 2,5 год, самостійної роботи студента – 4,5	Рівень вищої освіти: Бакалавр Термін навчання – 4 роки	Вид контролю іспит в 3 сем.	Вид контролю: іспит в 4 сем.

Примітка: співвідношення кількості годин аудиторних занять та самостійної і індивідуальної роботи становить (%):
для денної форми навчання 34%;
для заочної форми навчання 6%.

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Метою вивчення навчальної дисципліни „**Теоретичні основи теплотехніки**”, яка є інженерним навчальним предметом, дати студентам теоретичні і практичні знання принципів роботи сучасних теплових машин, можливих способів енергоефективного використання паливно-енергетичних ресурсів, інтенсифікації та оптимізації сучасних енерготехнологічних процесів.

Основними завданнями вивчення навчальної дисципліни є оволодіння студентами загальними методиками дослідження режимів роботи теплотехнічних установок, способів розрахунку теплових процесів, особливостей експлуатації теплоенергетичних установок.

У результаті вивчення дисципліни студенти повинні:

знати: основні закони перетворення тепла в механічну роботу; основні принципи реалізації цих законів в теплових машинах; основні закони і закономірності розподілу тепла в термодинамічних системах, їх вузлах і елементах;

вміти: виконувати типові теплові розрахунки теплових машин і установок, термодинамічних систем, їх вузлів та елементів.

3. Програма навчальної дисципліни

МОДУЛЬ 1

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 1

ТЕХНІЧНА ТЕРМОДИНАМІКА

Тема 1. Перший закон термодинаміки

Основні поняття технічної термодинаміки. Основні параметри стану робочого тіла. Термічне рівняння стану робочого тіла. Робота зміни об'єму робочого тіла. Ентальпія. Ентропія. Перший закон термодинаміки.

Тема 2. Теплоємність ідеальних газів

Газові суміші. Основні визначення. Теплоємності c_p та c_v . Молекулярно-кінетична теорія теплоємності. Залежність теплоємності від температури.

Тема 3. Основні закони ідеальних газів і термодинамічні процеси

Рівняння стану ідеальних газів. Основні закони ідеальних газів. Ізохорний процес. Ізобарний процес. Ізотермічний процес. Адіабатний процес.

Тема 4. Термодинаміка водяної пари і вологого повітря

Основні поняття. Пароутворення в $p-v$ -діаграмі. Волога пара і її параметри. $T-s$ -діаграма водяної пари. $h-s$ -діаграма водяної пари. Розрахунок основних процесів водяної пари.

Відносна вологість повітря. Середня молекулярна маса, газова стала і густина вологого повітря. Вологовміст і ентальпія вологого повітря. Id-діаграма вологого повітря.

Тема 5. Другий закон термодинаміки

Основні визначення. Основні цикли теплових машин. Ексергія. Основи газової динаміки. Витікання і дроселювання газів та пари.

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 2 КРУГОВІ ЦИКЛИ ТЕПЛОВИХ МАШИН. ТЕПЛОПЕРЕДАЧА

Тема 6. Компресія газів. Цикли поршневих двигунів внутрішнього згорання

Призначення і типи компресорів. Термодинамічний аналіз роботи компресора. Багатоступеневий стиск. Потужність приводу компресора.

Термодинамічний аналіз та показники циклів Отто, Дизеля, Трінклера.

Тема 7. Цикли газотурбінних установок

Термодинамічний аналіз та показники циклів Брайтона та циклу ГТУ із підведенням теплоти при постійному об'ємі.

Тема 8. Цикли паросилових установок

Цикл Карно для водяної пари і його недоліки. Цикл Ренкіна. Вплив параметрів пари на термічний ККД Ренкіна. Цикл з проміжним перегрівом пари. Регенеративний цикл для водяної пари. Теплофікаційні цикли.

Тема 9. Цикли комбінованих установок. Цикли холодильних установок та теплових насосів.

Термодинамічний аналіз та показники циклів парогазових установок із котлом-утилізатором, із витісненням регенерації та STIG.

Термодинамічний аналіз, показники циклів повітряної та пароконпресорної холодильної установки. Термодинамічний аналіз та показники циклу пароконпресорного теплового насосу.

Тема 10. Основні поняття та визначення теплопередачі. Теплопровідність

Способи переносу теплоти. Температурне поле та градієнт температур. Закони переносу теплоти. Граничні умови. Теплопровідність плоскої стінки при граничних умовах першого та третього роду. Теплопровідність циліндричної стінки при граничних умовах першого та третього роду.

Тема 11. Конвекція та випромінювання. Теплообмінні апарати

Основні поняття та визначення конвекційного теплообміну. Основні поняття та визначення теплового випромінювання.

Класифікація, принципи роботи та розрахунки теплообмінних апаратів.

Енергетичні та економічні проблеми використання теплоти. Промислова безпека теплообмінних апаратів.

4. Структура навчальної дисципліни

Назви тем змістових модулів	Кількість годин				
	Лекції	Практ.	Лаборат. робота	Самост. Робота	Разом
1	2	3	4	6	7
<i>Модуль 1</i>					
<u>Змістовий модуль 1.</u> Технічна термодинаміка	10/2		8/2	30/40	48/44
<u>Тема 1.</u> Перший закон термодинаміки	2/1		2/0	6/8	10/9
<u>Тема 2.</u> Теплоємність ідеальних газів	2/1		2/0	6/8	10/9
<u>Тема 3.</u> Основні закони ідеальних газів.	2/0		2/2	6/8	10/10
<u>Тема 4.</u> Термодинаміка водяної пари і вологого повітря	2/0		2/0	6/8	10/8
<u>Тема 5.</u> Другий закон термодинаміки	2/0		0/0	6/8	8/8
<u>Змістовий модуль 2</u> Цикли теплових машин. Теплопередача	12/0		6/2	39/59	57/61
<u>Тема 6.</u> Компресія газів Цикли поршневих двигунів внутрішнього згорання	2/0		4/0	7/10	13/10
<u>Тема 7.</u> Цикли газотурбінних установок	2/0		0/0	7/10	9/10
<u>Тема 8.</u> Цикли паросилових установок	2/0		0/0	7/10	9/10
<u>Тема 9.</u> Цикли комбінованих установок Цикли холодильних установок та теплових насосів	2/0		0/0	6/10	8/10
<u>Тема 10.</u> Основні поняття та визначення теплопередачі. Теплопровідність	2/0		2/2	6/10	10/12
<u>Тема 11.</u> Конвекція та випромінювання. Теплообмінні апарати	2/0			6/9	8/9
Разом годин:	22/2		14/4	69/99	105/105

Примітка: Чисельник – денна форма навчання; знаменник – заочна форма.

5. Теми семінарських занять – не плануються

6. Теми практичних занять – не плануються

7. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		Денна форма	Заочна форма
1.	<u>Тема 1.</u> Інструктаж з техніки безпеки при виконанні лабораторних робіт. Перевірка рівняння стану і газових законів.	2	2
2.	<u>Тема 2.</u> Теплоємність газів.	2	0
3.	<u>Тема 3.</u> Дослідження термодинамічних процесів	2	2
4.	<u>Тема 5.</u> Вологе повітря	2	0
5.	<u>Тема 6.</u> Термодинамічне дослідження двоступеневого компресора	2	0
6.	<u>Тема 7.</u> Термодинамічне дослідження карбюраторного ДВЗ	2	0
7.	<u>Тема. 13.</u> Теплопередача через циліндричну стінку.	2	0
	<u>Усього</u>	14	4

8. Самостійна робота

№ теми	Назва теми	Короткий зміст	Кількість годин	
			Денна форма	Заочна форма
Змістовий модуль 1. Технічна термодинаміка				
1.	<u>Тема 1.</u> Суміші ідеальних газів.	Термічне рівняння стану сумішей ідеальних газів	4/2	6/2
2.	<u>Тема 2.</u> Теплоємність газових сумішей.	Визначення середньої мольної, масової і об'ємної теплоємностей газової суміші	4/2	6/2
3.	<u>Тема 3.</u> Політропні процеси.	Розрахунки параметрів політропічних процесів	4/2	6/2
4	<u>Тема 4.</u> Потрійна точка речовини.	Правило трьох фаз. Таблиці параметрів рідин і парів.	4/2	6/2
5	<u>Тема 5.</u> Індикаторна діаграма поршневого компресора..	Ізотермічний і адіабатний ККД компресора	4/2	6/2
6	<u>Тема 6.</u> Цикли ПГУ скидного типу	Визначення параметрів ПГУ скидного типу	5/2	8/2
7	<u>Тема 7.</u> Цикл абсорбційної холодильної установки.	Абсорбційні холодильні установки	5/2	8/2

Змістовий модуль 2. Теплопередача				
8	Тема 8. Стаціонарне температурне поле.	Математична модель стаціонарного температурного поля	5/2	8/2
9	Тема 9. Теплопровідність плоскої і циліндричної стінок при граничних умовах 2-го роду.	Розрахунок параметрів теплопровідності	4/2	8/2
10	Тема 10. Теплообмін в обмеженому просторі.	Комп'ютерні методи розрахунку процесів теплообміну	4/2	8/2
11	Тема 11. Ексергетичний баланс теплообмінного апарату.	Розрахунок ексергетичного теплового балансу	4/2	7/2
	Всього годин		47/22	77/22

Примітка. Кількість годин : чисельник – робота з підручниками, опрацювання лекційного матеріалу; знаменник – підготовка до лабораторних занять, оформлення звітів.

9. Індивідуальне навчально-дослідне завдання

Індивідуальне навчально-дослідне завдання (ІНДЗ) – не передбачається.

10. Методи навчання

На лекційних заняттях використовуються в певному обсязі мультимедійне обладнання і кодоскоп.

При викладанні навчальної дисципліни «Теоретичні основи теплотехніки» використовується інформаційно-ілюстративний та проблемний методи навчання з застосуванням:

- лекцій у супроводі плакатів, прозірок і мультимедійних матеріалів;
- лабораторних робіт з використанням макетів, моделей, стендів, лабораторних установок;
- розв'язування задач, в тому числі з використанням калькуляторів і комп'ютерів;
- складання графічних схем;

11. Методи контролю

Для визначення рівня засвоєння студентами навчального матеріалу використовуються такі методи оцінювання знань:

- поточне тестування після вивчення кожного змістового модуля;
- оцінка за самостійну роботу;

- з лекційного матеріалу – перевірка конспектів;
- з лабораторних занять – перевірка виконаних завдань;
- за індивідуальним дослідним завданням - перевірка та захист реферату за обраною темою.

Для діагностики знань використовується європейська кредитно-трансферна система зі 100 бальною шкалою оцінювання.

Поточний контроль знань студентів проводиться: на лабораторних заняттях – шляхом захисту лабораторних робіт; на консультаціях – індивідуальним захистом результатів виконання завдань самостійної роботи. Підсумковий контроль знань студентів денної та заочної форм навчання проводиться відповідно в кінці 4 та 7 семестрів шляхом складання іспиту.

Основними критеріями, що характеризують рівень компетентності студента при оцінюванні результатів поточного та підсумкового контролів є такі:

- виконання всіх видів навчальної роботи, передбачені робочою програмою навчальної дисципліни;
- глибина і характер знань навчального матеріалу за змістом навчальної дисципліни, що міститься в основних та додаткових рекомендованих літературних джерелах;
- вміння аналізувати явища, які вивчаються, у їх взаємозв'язку і розвитку;
- характер відповідей на поставлені питання (чіткість, лаконічність, логічність, послідовність тощо);
- вміння застосовувати теоретичні положення під час розв'язання практичних задач;
- вміння аналізувати достовірність одержаних результатів.

Оцінювання результатів **поточної роботи** (завдань, що виконуються на практичних, лабораторних, індивідуальних заняттях та консультаціях, результати самостійної роботи студентів) проводиться за такими критеріями:

Розрахункові завдання, задачі, лабораторні роботи (у % від кількості балів, виділених на завдання із заокругленням до цілого числа):

0% – завдання не виконано;

40% – завдання виконано частково та містить суттєві помилки методичного або розрахункового характеру;

60% – завдання виконано повністю, але містить суттєві помилки у розрахунках або в методиці;

80% – завдання виконано повністю і вчасно, проте містить окремі несуттєві недоліки (розмірності, висновки, оформлення тощо);

100% – завдання виконано правильно, вчасно і без зауважень.

12. Розподіл балів, які отримують студенти

Поточне тестування та самостійна робота											Підсумковий тест (екзамен)		Сума
Змістовий модуль №1					Змістовий модуль №2						40		
T1	T2	T2	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	МК1	МК2	
6	6	6	6	6	5	5	5	5	5	5	20	20	

T1, T2 ... T15 – теми змістових модулів

Оцінка виставляється на основі шкали узгодження національної системи оцінювання знань студентів з рекомендаціями ЄКТС (ECTS).

Шкала оцінювання

Сума балів за всі форми навчальної діяльності	Для екзамену
90 – 100	5 (відмінно)
82-89	4 (добре)
74-81	4 (добре)
64-73	3 (задовільно)
60-63	3 (задовільно)
35-59	2 (незадовільно) з можливістю повторного складання
0-34	2 (незадовільно) з обов'язковим повторним курсом

13. Методичне забезпечення

Методичне забезпечення навчальної дисципліни „Теоретичні основи теплотехніки” включає:

- інтерактивний комплекс навчально – методичного забезпечення дисципліни (ІКНМЗД);
- конспект лекцій на паперовому носію;
- конспект лекцій на електронному носію;
- матеріали мультимедійного супроводу лекцій:
- комплект прозірок (фолій);
- комплект плакатів і макетів;
- роздатковий матеріал;
- методичні вказівки до виконання лабораторних робіт.

14. Рекомендована література

14.1. Базова література

1. Герасимов Г. Г. Теоретичні основи теплотехніки. Навч. посібник. - Рівне: НУВГП, 2011. – 382 с.
2. Приходько М. А., Герасимов Г. Г. Термодинаміка та теплопередача. Навч. посібник. – Рівне: НУВГП, 2008. – 250 с.
3. Драганов Б. Х., Долінський А. А., Міщенко А. В., Письменний Є. М. і ін. Теплотехніка. – Київ: «ІНКОС», 2005. – 504 с.
4. Буляндра О. Ф. Технічна термодинаміка. – підруч. для студ. енерг. спец. вищ. навч. зал. – Київ: Техніка, 2006 – 320 с.
5. Константинов М. С. Теплообмін; Підручник. – Київ: ВПІ ВПК «Політехніка»: Інрес, 2005. – 304 с.
6. Алабовский А. Н., Недужий И. А. Техническая термодинамика и теплопередача. – Киев: Высшая школа, 1990. – 255 с.
7. Рабинович О. М. Сборник задач по технической термодинамики. – М., Машиностроение, 1973 – 344 с.
8. Краснощеков Е. А., Сукомел А. С. Задачник по теплопередаче. – М.: Энергия, 1969. – 264 с.
9. Панкратов Г. П. Сборник задач по теплотехнике. – М.: Высш. шк. 1986. – 248 с.

14.2. Допоміжна література

1. Теплотехника: учебн. для вузов / В. Н. Луканин, М. Г. Шатров Г. М. Камфер и др. – М.: Высшая школа, 2000. – 671 с.
3. Бальян С. В. Техническая термодинамика и тепловые двигатели. -Л.: Машиностроение, 1973.- 304 с.
4. Литвин А. М. Теоретические основы теплотехники. – М.; Энергия, 1969. – 328 с.
5. Михеев М. А., Михеева И. М. Основы теплопередачи. – М.: Энергия, 1977. – 344 с.
6. Константинов С. М., Луцик Р. В. Збірник задач з технічної термодинаміки. – К.: ЦДВ «Видавництво «Політехніка», 2002. – 380 с.
7. Андриющенко А. И. Основы термодинамики циклов теплоэнергетических установок. М.: Высшая школа, 1968. – 378 с.
8. Зубарев В. И., Александров А. А. Практикум по технической термодинамике. - М.: Энергия, 1986. - 340 с.
9. Москальова В. М. Основи охорони праці. Підручник. – К.: ВД «Професіонал», 2005. – 672 с.

15. Інформаційні ресурси

1. Національна бібліотека ім. В. І. Вернадського [Електронний ресурс] URL: <http://www.nbu.gov.ua/>
2. Обласна наукова бібліотека (м.Рівне, майдан Короленка 6) / URL: <http://www.lib.rv.ua/>

3. Наукова бібліотека НУВГП (м. Рівне, вул. Олекси Новака, 75) / URL:
<http://www.rada.kiev.ua/>

4. Електронний ресурс розміщений в цифровому репозитарії / URL:
<http://www.ep3.nuvm.edu.ua/>

Доцент кафедри гідроенергетики,
теплоенергетики та гідравлічних машин, к.т.н.

Г.Г. Герасимов

Асистент кафедри гідроенергетики,
теплоенергетики та гідравлічних машин

Д.М. Поплавський