Вінницький національний технічний університет
Факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії
Кафедра теплоенергетики

ЗАТВЕРДЖУЮ
Проректор з науково-педагогічної роботи та організації освітнього процесу
_____Олександр ПЕТРОВ
"21" 06. 2024 року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
Теплотехніка

рівень вищої освіти	перший (бакалаврський)
галузь знань	13 Механічна інженерія
спеціальність	131 Прикладна механіка
освітня програма	Комп'ютеризовані технології та механотронні системи в машинобудуванні

СУЯ ВНТУ-08-15-РП.044.01:24

2024 рік

Робоча програма навчальної дисципліни «**Теплотехніка**»
рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)
галузь знань – 13 Механічна інженерія
спеціальність – 131 Прикладна механіка
освітня програма Комп'ютеризовані технології та механотронні системи в машинобудуванні
2024. — 13 с.

	Посада **Протокол засідання**	**ПІБ**	**Підпис**
Розроблено	Доцент кафедри ТЕ	к.т.н., доцент Наталія РЕЗИДЕНТ	
Схвалено	**Гарант освітньої програми**	д.т.н., професор Леонід КОЗЛОВ	
	Зав. кафедри ТЕ Засідання кафедри ТЕ (протокол № 19 від 05.06.2024 р.)	к.т.н., доцент Дмитро СТЕПАНОВ	
	Голова Вченої ради ФМТ Вчена рада ФМТ (протокол № 10 від 17.06.2024 р.)	к.т.н., доцент Сергій СУХОРУКОВ	
Затверджено	Голова Ради з якості освіти ВНТУ Рада з якості освіти ВНТУ (протокол № 11 від 21.06. 2024 р.)	к.т.н., доцент Олександр ПЕТРОВ	

© Наталія РЕЗИДЕНТ, 2024
© ВНТУ, 2024

1. Опис навчальної дисципліни

<table>
<tr><td rowspan="2">Найменування показників</td><td rowspan="2">Галузь знань,
рівень вищої освіти</td><td colspan="2">Характеристика навчальної дисципліни</td></tr>
<tr><td>денна форма навчання</td><td>заочна форма навчання</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Кількість кредитів – 3</td><td>Галузь знань
13 Механічна інженерія</td><td colspan="2" rowspan="2">Обов’язкова
(професійна)</td></tr>
<tr><td></td></tr>
<tr><td>Модулів – 2</td><td rowspan="5">Спеціальність
131 Прикладна механіка

Освітня програма
Комп’ютеризовані технології та механотронні системи в машинобудуванні</td><td colspan="2">Рік підготовки:</td></tr>
<tr><td>Змістових модулів – 2</td><td>2-й</td><td>2-й</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="2">Семестр</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Загальна кількість годин – 90</td><td>3-й</td><td>3-й</td></tr>
<tr><td colspan="2">Лекції</td></tr>
<tr><td rowspan="10">Тижневих годин для денної форми навчання – 2
самостійної роботи – 3</td><td rowspan="10">Рівень вищої освіти:
перший (бакалаврський)</td><td>18 год.</td><td>5 год.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Практичні</td></tr>
<tr><td>-</td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="2">Лабораторні</td></tr>
<tr><td>18 год.</td><td>5 год.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Самостійна робота</td></tr>
<tr><td>54 год.</td><td>80 год.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Вид контролю: диф.залік</td></tr>
</table>

Мова навчання – українська

2. Передумови для вивчення дисципліни

Дисципліна «Теплотехніка» базується на дисциплінах «Вища математика» і «Фізика». Знання, що набуті здобувачами вищої освіти під час вивчення дисципліни є необхідною передумовою для подальшого вивчення дисциплін: «Проектування та виробництво заготовок деталей машин», «Гідравліка, гідро- та пневмоприводи», «Комп'ютеризовані системи інженерного аналізу», виконання бакалаврської кваліфікаційної роботи.

3. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета викладання дисципліни – формування знань та практичних навичок щодо фундаментальних законів енергоперетворень і здійснення термодинамічних процесів, термодинамічних методів аналізу ефективності енергоперетворень в циклах теплових машин, зокрема двигунів внутрішнього згоряння, компресорної і холодильної техніки.

Компетентності, якими повинен оволодіти здобувач вищої освіти в результаті вивчення дисципліни.

ІК. Здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми в прикладній механіці або у процесі навчання, що передбачає застосування певних теорій та методів механічної інженерії і характеризується комплексністю та невизначеністю умов.

ЗК2. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.

ЗК6. Визначеність і наполегливість щодо поставлених завдань і взятих обов'язків.

ЗК7. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.

ЗК13. Здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт.

ФК1. Здатність аналізу матеріалів, конструкцій та процесів на основі законів, теорій та методів математики, природничих наук і прикладної механіки.

ФК10. Здатність описувати та класифікувати широке коло технічних об'єктів та процесів, що ґрунтується на глибокому знанні та розумінні основних механічних теорій та практик, а також базових знаннях суміжних наук.

Програмні результати навчання

РН2. Використовувати знання теоретичних основ механіки рідин і газів, теплотехніки та електротехніки для вирішення професійних завдань.

РН9. Знати та розуміти суміжні галузі (механіку рідин і газів, теплотехніку, електротехніку, електроніку) і вміти виявляти міждисциплінарні зв'язки прикладної механіки на рівні, необхідному для виконання інших вимог освітньої програми.

4. Програма навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1. Основи технічної термодинаміки

Тема 1. Характеристики робочих тіл і параметри стану.

Основні поняття технічної термодинаміки. Робоче тіло. Термічні та калоричні параметри стану робочого тіла. Одиниці вимірювання параметрів стану та їх взаємозв'язок. Термодинамічний стан. Термодинамічний процес. Рівняння стану ідеального газу. Розрахунок параметрів стану ідеального газу з використанням рівняння стану.

Тема 2. Теплота і робота. Перший закон термодинаміки.

Форми енергообміну термодинамічної системи. Внутрішня енергія. Теплоємність. Визначення теплоємності газів за формулами і таблицями. Теплота і робота. Методика розрахунку теплоти і роботи у різних випадках. Ентальпія. Обчислення ентропії та її фізичний зміст. Перший закон термодинаміки.

Тема 3. Термодинамічні цикли.

Другий закон термодинаміки. Термодинамічні цикли. Цикл Карно. Розрахунки ККД згідно з другим законом термодинаміки. Схеми і робочі процеси паросилових установок. Цикл Ренкіна і його термічний ККД.

Тема 4. Цикли двигунів внутрішнього згоряння. Аналіз робочого процесу компресора.

Будова і принцип дії компресорів та двигунів внутрішнього згоряння (ДВЗ). Робочий процес одноступінчастого компресора з урахуванням шкідливого об'єму. Багатоступеневе стиснення. Цикли поршневих ДВЗ. Вплив параметрів циклів на ККД.

Тема 5. Цикли холодильних установок.

Будова і принцип дії холодильних установок. Цикл парокомпресійної холодильної установки. Цикл теплового насоса. Визначення холодильного коефіцієнта та ефективності використання теплового насоса.

Змістовий модуль 2. Тепломасообмін

Тема 6. Основні поняття і визначення теплообміну. Види теплообміну

Види теплообміну: теплопровідність, конвективний теплообмін, теплове випромінювання. Поля температур. Температурний градієнт. Тепловий потік. Питомий тепловий потік. Закон Фур'є. Коефіцієнт теплопровідності. Закон Ньютона-Ріхмана. Коефіцієнт тепловіддачі. Закон Стефана-Больцмана.

Тема 7. Стаціонарна і нестаціонарна теплопровідність.

Диференціальне рівняння теплопровідності Фур'є. Умови однозначності для рішення задач теплопровідності. Теплопровідність одношарових плоских і циліндричних стінок. Поняття про лінійний тепловий потік і лінійний термічний опір. Теплопровідність багатошарових стінок. Нестаціонарна теплопровідність. Темп охолодження (нагрівання).

Тема 8. Конвективний теплообмін однофазних середовищ.

Диференціальні рівняння конвективного теплообміну. Умови однозначності. Подібність явищ. Теореми подібності. Критерії і числа подібності. Методика визначення коефіцієнта тепловіддачі. Теплообмін за умов вимушеної конвекції. Теплообмін в разі поперечного та повздовжнього обтікання труб і трубних пучків. Теплообмін під час течії в трубах, гнутих каналах і змійовиках. Теплообмін за умов вільної конвекції.

Тема 9. Конвективний теплообмін під час фазових переходів.

Загальні відомості про процес кипіння. Механізм процесу. Режими кипіння. Крива кипіння. Теплообмін в разі бульбашкового кипіння. Розрахункові залежності для визначення інтенсивності теплообміну в разі бульбашкового кипіння.

Теплообмін під час конденсації нерухомої пари. Механізм процесу. Основні співвідношення для плівкової конденсації. Критеріальні рівняння теплообміну для плівкової конденсації.

Тема 10. Теплообмін випромінюванням

Основні закони теплообміну випромінюванням. Закон Планка. Закон Віна. Закон Стефана-Больцмана. Закон Кірхгофа. Закон Ламберта. Теплообмін між тілами, що розділені прозорим середовищем. Система тіл з плоскопаралельними поверхнями, система з екранами та без екранів. Теплообмін випромінюванням між двома тілами, що довільно розміщені в просторі. Особливості випромінювання газів і пари. Закон Бугера. Складний теплообмін.

Тема 11. Теплопередача через тіла простої форми.

Теплопередача через плоскі стінки. Коефіцієнт теплопередачі. Теплопередача через одно- та багатошарові циліндричні стінки. Лінійний коефіцієнт теплопередачі. Теплоізоляційні матеріали. Критичний діаметр ізоляції та вибір матеріалу ізоляції для циліндричних стінок. Вибір матеріалу теплової ізоляції для плоских стінок. Коефіцієнт теплопередачі для оребрених поверхонь.

Тема 12. Теплообмінні апарати.

Класифікація теплообмінних апаратів. Будова і принцип дії теплообмінних апаратів. Перевірний та конструктивний розрахунки теплообмінних апаратів. Визначення середнього температурного напору і коефіцієнта теплопередачі.

5. Теми лекційних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		(д.ф.н.)	(з.ф.н.)
	Змістовий модуль 1 Основи технічної термодинаміки		
1	Характеристики робочих тіл і параметри стану	1	0,5
2	Теплота і робота. Перший закон термодинаміки	2	0,5
3	Термодинамічні цикли	2	0,5
4	Цикли двигунів внутрішнього згоряння. Аналіз робочого процесу компресора	2	
5	Цикли холодильних установок	1	0,5
	Змістовий модуль 2 Тепломасообмін		
6	Основні поняття і визначення теплообміну. Види теплообміну	1	0,5
7	Стаціонарна і нестаціонарна теплопровідність	2	1

8	Конвективний теплообмін однофазних середовищ	2	0,5
9	Конвективний теплообмін під час фазових переходів	1	
10	Теплообмін випромінюванням	1	
11	Теплопередача через тіла простої форми	2	1
12	Теплообмінні апарати	1	
	Всього годин	**18**	**5**

6. Теми семінарських занять

Не передбачено навчальним планом.

7. Теми практичних занять

Не передбачено навчальним планом.

8. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		д.ф.н.	з.ф.н.
1	Визначення ізобарної теплоємності повітря	3	0,5
2	Дослідження показників роботи парокомпресійної холодильної машини	3	1
3	Визначення теплопровідності матеріалу методом циліндрич-ного шару	3	0,5
4	Дослідження поширення температури в металевому стержні	3	1
5	Дослідження тепловіддачі за умов природної конвекції	3	1
6	Дослідження показників роботи пластинчасто-ребристого теп-лообмінника	3	1
	Всього годин	18	5

9. Самостійна робота

№ з/п	Вид роботи	Кількість годин	
		(д.ф.н.)	(з.ф.н.)
1	Самостійне опрацювання тем теоретичного матеріалу:		
	Термодинамічні цикли	2	2
	Цикли двигунів внутрішнього згоряння. Аналіз робочого процесу компресора	3	3
	Конвективний теплообмін під час фазових переходів	2	2
	Теплообмін випромінюванням	2	2
	Теплообмінні апарати	3	3
2	Опрацювання лекційного матеріалу	9	28
3	Підготовка до лабораторних занять	18	31
4	Підготовка до модульного контролю	6	6
5	Підготовка до складання заліку	3	3
	Всього годин	54	80

10. Індивідуальні завдання

Не передбачено навчальним планом.

11. Методи контролю

Поточний контроль здійснюється у формі фронтального, індивідуального чи комбінованого контролю знань здобувачів вищої освіти під час лекційного та лабораторного заняття, тестування, колоквіумів. Під час підсумкового контролю враховуються результати здачі всіх видів навчальної роботи згідно із структурою кредитів. Підсумковий контроль знань здійснюється в кінці опанування освітнього компоненту шляхом додавання загальної кількості балів, отриманих під час навчання або шляхом складання диференційованого заліку.

Підсумковий контроль може проводитись за допомогою тестування (в тому числі комп'ютерного шляхом виконання тестових завдань у електронній системі університету JetIQ) та/або усного опитування.

13. Розподіл балів, які отримують здобувачі вищої освіти

Оцінювання знань, умінь та навичок здобувачів вищої освіти з окремих видів роботи та в цілому по модулях (в балах)

Вид роботи	Модуль	
	1	**2**
1. Виконання і захист лабораторних робіт (1 лаб. робота – 8 балів). 1 модуль: 3 ЛР×8 балів = 24 бали; 2 модуль: 3 ЛР×8 балів = 24 бали	24	24
2. Колоквіум	26	26
Усього за модуль	50	50
Усього	100	

Шкала оцінювання

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS
90 – 100	**A**
82-89	**B**
75-81	**C**
64-74	**D**
60-63	**E**
35-59	**FX** з можливістю повторного складання
0-34	**F** з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

13. Критерії оцінювання знань, умінь та навичок здобувачів

Рівень компетентності	За бальною шкалою	За шкалою ECTS	Критерії оцінювання
IV Високий (творчий)	90-100	A	Програмні результати досягнуті повністю. Теоретичний зміст курсу освоєний цілком, без прогалин; виявлено глибокі знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності, сформовано необхідні практичні навички викладати основні ідеї щодо фундаментальних положень та закономірностей термодинаміки і теплопередачі; усі передбачені програмою навчання навчальні завдання виконані, якість їхнього виконання оцінено числом балів, близьким до максимального.
III Достатній (конструктивний)	82-89	B	Програмні результати досягнуті повністю. Теоретичний зміст курсу освоєний цілком, без прогалин; сформовано уміння викладати основні ідеї щодо фундаментальних положень та закономірностей термодинаміки і теплопередачі. Необхідні практичні навички роботи з освоєним матеріалом в основному сформовані, усі передбачені програмою навчання навчальні завдання виконані, якість виконання більшості з них оцінено числом балів, близьким до максимального.
	75-81	C	Програмні результати досягнуті повністю. Теоретичний зміст курсу освоєний цілком, без прогалин. Вміння викладати базові ідеї щодо фундаментальних положень та закономірностей термодинаміки і теплопередачі, а також практичні навички роботи з освоєним матеріалом сформовані недостатньо; усі передбачені програмою навчання завдання виконані, якість виконання жодного з них не оцінено мінімальним числом балів, деякі види завдань виконані з помилками.
II Середній (репродуктивний)	64-74	D	Програмні результати досягнуті. Теоретичний зміст курсу освоєний частково, але прогалини не носять істотного характеру, виявлено знання та розуміння основних положень щодо фундаментальних положень та закономірностей термодинаміки і теплопередачі; необхідні практичні навички роботи з освоєним матеріалом в основному сформовані, більшість передбачених програмою навчання навчальних завдань виконано, деякі з виконаних завдань містять помилки.
	60-63	E	Програмні результати досягнуті. Теоретичний зміст курсу освоєний частково, деякі практичні навички роботи не сформовані, частина передбачених програмою навчання завдань не виконано або якість виконання оцінено числом балів, близьким до мінімального.
I Низький	35-59	FX	Програмні результати не досягнуті. Теоретичний зміст курсу освоєний частково, необхідні практичні навички роботи не сформовані, більшість передбачених програм навчання навчальних завдань не виконано, або якість їхнього виконання оцінено числом балів, близьким до мінімального; при додатковій самостійній роботі над матеріалом курсу можливе підвищення якості виконання навчальних завдань (з можливістю повторного складання)
	0-34	F	Програмні результати не досягнуті. Теоретичний зміст курсу не освоєно, необхідні практичні навички роботи не сформовані, усі виконані навчальні завдання містять грубі помилки, додаткова самостійна робота над матеріалом курсу не приведе до якого-небудь значущого підвищення якості виконання навчальних завдань (з обов'язковим повторним курсом)

Критерії оцінювання знань, умінь та навичок здобувачів за видами робіт

Рівень компетентності	За шкалою ECTS	Критерії оцінювання	
		Лабораторна робота	**Колоквіум (тести)**
IV Високий (творчий)	A	**8 б.:** виставляється при правильному та безпомилковому виконанні поставлених завдань з поясненням і коментуванням отриманих результатів	**23,4…26 б.:** 90-100% правильних відповідей
III Достатній (конструктивний)	B	**7 б.:** при правильному і безпомилковому виконанні завдання, але без пояснень до розрахунків, без посилань на певні формули чи методики, при відсутності або помилкових коментарях до отриманих результатів	**21,3…23б.:** 82-89% правильних відповідей
	C	**6,5 б.:** при правильному виконанні завдання, з деякими незначними помилками, без пояснень до розрахунків, без посилань на певні формули чи методики, при відсутності або помилкових коментарях до отриманих результатів	**19,5…21 б.:** 75-81% правильних відповідей
II Середній (репродуктивний)	D	**6 б.:** виставляється, якщо при виконанні завдання допущені помилки, які свідчать про недостатнє знання теорії та практики виконання.	**16,6…19 б.:** 64-74% правильних відповідей
	E	**5 б.:** виставляється, якщо при виконанні допущені помилки, які свідчать про недостатнє знання теорії та практики, пояснення відсутні або фрагментарні.	**15,6…16 б.:** 60-63% правильних відповідей
I Низький	FX, F	**0.. 4б.:** виставляється у випадку, якщо завдання не виконане взагалі або виконано з великою кількістю помилок	**0-15 б.:** 0-59% правильних відповідей

15. Академічні права та обов'язки

Здобувачі вищої освіти та викладачі повинні дотримуватися норм забезпечення честі, гідності, взаємної поваги і довіри, рівноправності та толерантності усіх учасників освітнього процесу шляхом дотримання принципів академічної доброчесності, викладених у **«Положенні про академічну доброчесність у ВНТУ»**.

З метою запобігання та виявлення плагіату у навчальних роботах, розвитку навичок коректної роботи із джерелами інформації та впровадження практики належного цитування, дотримання вимог наукової етики та поваги до інтелектуальних надбань та активізація самостійності й індивідуальності при створенні авторського твору і відповідальності за порушення загальноприйнятих правил цитування слід дотримуватись норм **«Положення про запобігання академічному плагіату та порядок його виявлення у навчальних, наукових, кваліфікаційних та науково-методичних роботах у ВНТУ»**.

З метою визнання результатів навчання здобутих під час неформальної та/або інформальної освіти (що здобувалася за освітніми програмами та не передбачала присудження визнаних державою освітніх кваліфікацій за рівнями освіти, але могла завершуватися присвоєнням професійних та/або присудженням часткових освітніх кваліфікацій, а також освіти, яка здійснювалася у порядку самоосвіти), здобувачі вищої освіти можуть скористатися відповідними процедурами, наведеними у **«Положення про порядок визнання результатів навчання, здобутих шляхом неформальної та/або інформальної освіти у ВНТУ»**.

Здобувачі вищої освіти мають право оскаржити результати проміжних та підсумкових контрольних заходів, але на лише на підставі аргументованих пояснень, відповідно до «Порядку організації та проведення заліків, диференційованих заліків, екзаменів у ВНТУ», а також безпосередньо звернувшись до освітнього омбудсмена, згідно **«Положення про освітнього омбудсмена з прав студентів ВНТУ»**.

З метою вирішення конфліктних ситуацій, що можуть виникнути у здобувачів вищої освіти із іншими учасниками освітнього процесу та/або недопущення виникнення конфліктних ситуацій слід бути обізнаним у нормах **«Кодексу етики ВНТУ»**.

Здобувачі вищої освіти мають керуватися принципом «нульової толерантності» до будь-яких проявів корупції і повинні вживати всіх передбачених законодавством заходів щодо запобігання, виявлення та протидії корупції і пов'язаним з нею діям (практикам), відповідно до **«Антикорупційної програми ВНТУ»**.

Наведені документи оприлюднені на сайті ВНТУ: https://vntu.edu.ua/uk/public-info/zag.html.

16. Рекомендована література

Основна

1. Обертюх Р. Р. Теоретичні основи теплотехніки: навч. посіб. Вінниця : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2009. 165 с.
2. Співак О.Ю., Резидент Н. В. Тепломасообмін. Частина І : навч. посібн. Вінниця : ВНТУ, 2021. 113 с.
3. Співак О.Ю., Резидент Н. В. Тепломасообмін. Частина ІІ : електронний навчальний посібник комбінованого (локального та мережного) використання [Електронний ресурс]. Вінниця : ВНТУ, 2022. 95 с.
4. Чепурний М. М., Ткаченко С.Й. Основи технічної термодинаміки. Вінниця: Поділля-2000, 2004. 352 с.
5. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Теплотехніка» для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка» / уклад.: Н. В. Резидент, О. Ю. Співак. Вінниця : ВНТУ, 2024. 50 с.

Додаткова

1. Кулінченко В. Р., Ткаченко С. Й. Теплопередача з елементами масообміну (теорія і практика процесу) : навч. посіб. 2011. URL: https://web.posibnyky.vntu.edu.ua/fbteg/kulinchenko_teploper/
2. Співак О. Ю., Чепурний М. М. Тепломасообмін. Лабораторний практикум. : навч.посібн. Вінниця : ВНТУ, 2009. 105 с.
3. Драганов Б. Х. Теплотехніка /За ред. Б.Х. Драганова. Київ : ІНКОС, 2005. 504с.

Інформаційні ресурси

1. НМР дисципліни «Теплотехніка» в системі JetIQ. URL: https://iq.vntu.edu.ua/b04213/html/nlr/nlr.php?card_id=79966&id=1008&renum=1
2. Введення в термодинаміку: Перенесення енергії звідси туди. URL: https://www.coursera.org/learn/thermodynamics-intro

ЛИСТОК РЕЄСТРАЦІЇ ЗМІН

Номер зміни	Номер та дата протоколу засідання кафедри	Номер пункту, що змінюється, та зазначення зміни	Підпис завідувача кафедри
1	№ 11 від 24.12.2024 р.	Змін немає / зазначити зміни	
		Внесені зміни до рекомендованої	
		літератури	
	№ __ від __.__.2025 р.	Змін немає / зазначити зміни	
	№ __ від __.__.2026 р.	Змін немає / зазначити зміни	
	№ __ від __.__.2027 р.	Змін немає / зазначити зміни	