

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ТАВРІЙСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ДМИТРА МОТОРНОГО**

Кафедра “Електроенергетика і електротехнології”

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри ЕЕТ

доц. \_\_\_\_\_ Юлія ПОСТОЛ

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2023 р.

**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

**«ОСНОВИ ТЕПЛО- І МАСООБМІННИХ ПРОЦЕСІВ»**

для здобувачів ступеня вищої освіти «Бакалавр»  
зі спеціальності 141 "Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка"  
за ОПП Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка  
(на основі повної загальної середньої освіти)

факультет енергетики і комп'ютерних технологій

2023 – 2024 н.р.

Робоча програма навчальної дисципліни «ОСНОВИ ТЕПЛО- І МАСООБМІННИХ ПРОЦЕСІВ» для здобувачів ступеня вищої освіти «Бакалавр» зі спеціальності 141 "Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка" за ОПП Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка (на основі повної загальної середньої освіти) факультет енергетики і комп'ютерних технологій. Запоріжжя, ТДАТУ. 11 с.

Розробник: Посто́л Ю.О., к.т.н., доцент

Робочу програму затверджено на засіданні кафедри електроенергетики і електротехнологій протокол від “\_\_” \_\_\_\_\_2023 року № 1

Завідувач кафедри ЕЕТ

доц.

Юлія ПОСТОЛ

Схвалено методичною комісією факультету енергетики і комп'ютерних технологій зі спеціальності 141 "Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка" за ОПП Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка для здобувачів ступеня вищої освіти «Бакалавр» (на основі повної загальної середньої освіти)

Протокол № 1 від \_\_\_\_ вересня 2023 року

Голова, доц.

Олександр ВОВК

## 1. ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Найменування показників	Галузь знань, напрям підготовки, освітньо-кваліфікаційний рівень	Характеристика навчальної дисципліни	
		денна форма навчання	
Кількість кредитів – <b>5</b>	Галузь знань <b><u>14 "Електрична інженерія"</u></b>	<b><u>За вибором студента</u></b>	
Загальна кількість годин – <b>150 годин</b>	Спеціальність: <b><u>141 "Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка"</u></b>	Курс	Семестр
Змістових модулів – <b>2</b>		<b>2-й</b>	<b>4-й</b>
Тижневе навантаження: аудиторних занять – <b>2 год.</b> самостійної роботи студента – <b>10,5 год.</b>	Ступінь вищої освіти: <b><u>«Бакалавр»</u></b>	Вид заняття	Кількість годин
		Лекції	<b>12 год.</b>
		Лабораторні заняття	-
		Практичні заняття	<b>12 год.</b>
		Семінар. заняття	-
		Самостійна робота	<b>126 год.</b>
		Форма контролю: <b><u>екзамен</u></b> (екзамен або диференційований залік)	

## 2. МЕТА ТА ЗАВДАННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

**Мета.** Засвоєння майбутніми інженерами-енергетиками теоретичних основ теорії тепло- і масообмінних процесів, раціонального використання тепло енергоресурсів та захисту навколишнього середовища.

Базові знання і навички, одержані при вивченні даної дисципліни будуть використовуватися студентами при вивченні та засвоєнні інших спеціальних дисциплін.

**Завдання.** Підготувати бакалаврів до практичної і наукової діяльності в області сучасних і пріоритетних методах підвищення рівня вирішення теплоенергетичних проблем, у тому вивчення знань про протікання процесів гідродинаміки і тепло переносу в теплоенергетичних пристроях різного призначення, 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:**

- основні положення теорії тепло і масообміну;
- теплові і гідродинамічні процеси в теплоенергетичних установках.

В результаті вивчення дисципліни студенти повинні **уміти:**

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

Студент повинен **володіти:** методами інженерного розрахунку, методологією прогнозування розвитку галузі та основних напрямів її механізації, методами вибору і застосування у виробництві ресурсозберігаючих технологій.

### 3. ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

#### *Змістовний модуль 1. Основи теорії теплопровідності.*

**Тема 1. Основні закони переносу теплоти. Теплопровідність. Закон Фур'є. Диференційне рівняння теплопровідності [5, с. 153-157]**

Види теплообміну. Основні терміни та визначення. Теплопровідність. Основні положення. Закон Фур'є. Диференціальне рівняння теплопровідності. Краєві умови.

**Тема 2. Розрахунок теплопровідності плоских і циліндричних стінок [5, с. 157-170]**

Теплопровідність за стаціонарного режиму плоскої і циліндричної стінки одно- і багат шарової. Теплопровідність тіл за наявності внутрішніх джерел теплоти.

**Тема 3. Променистий теплообмін [5, с. 191-200]**

Основні поняття і характеристики. Основні закони променистого теплообміну.

#### *Змістовний модуль 2. Променистий теплообмін і закони теплового випромінювання. Конвективний теплообмін*

**Тема 4. Закони теплового випромінювання [5, с. 197-200]**

Випромінювання і поглинання газів і пари. Розрахунок променистого теплообміну між тілами.

**Тема 5. Конвективний теплообмін [5, с. 170-183]**

Гідродинамічний та тепловий приграничний (межовий) шар. Коефіцієнт тепловіддачі. Конвективний теплообмін. Загальні поняття і визначення. Коефіцієнт тепловіддачі. Закон тепловіддачі. Класифікація теплообмінних апаратів. Рекуперативні і регенеративні теплообмінні апарати. Метод розрахунку теплообмінних апаратів.

**Тема 6. Сутність і методи теорії подібності і теплового Моделювання [5, с. 200-213]**

Моделювання процесів конвективного теплообміну. Теплообмінні апарати. Ознаки подібності. Основні критерії гідродинамічної і теплової подібності. Теплообмін при кипінні та конденсації.

## 4. СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Номер тижня	Вид занять	Тема заняття або завдання на самостійну роботу	Кількість				
			годин				балів
			лк	лаб.	пр.	СРС	
1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Змістовний модуль 1 - Основи теорії теплопровідності</b>							
1,2	Лекція 1	Основні закони переносу теплоти. Теплопровідність	2	-	-	-	-
	Практична робота 1	Стаціонарна теплопровідність одношарової плоскої стінки в граничних умовах I роду: пряма та зворотна задача	-	-	2	-	5
	Самостійна робота	Підготовка до практичних робіт 1	-	-	-	21	4
3,4	Лекція 2	Розрахунок теплопровідності плоских і циліндричних стінок.	2	-	-	-	-
	Практична робота 2	Стаціонарна теплопровідність одношарової плоскої стінки з урахуванням залежності коефіцієнта теплопровідності від температури	-	-	2	-	4
	Самостійна робота	Підготовка до практичних робіт 2	-	-	-	21	4
5,6	Лекція 3	Променистий теплообмін	2	-	-	-	-
	Практична робота 3	Стаціонарна теплопровідність багатшарової стінки в граничних умовах I та II роду	-	-	2	-	4
	Самостійна робота	Підготовка до практичних робіт 3	-	-	-	21	4
7,8	ПМК 1	Підсумковий контроль за змістовий модуль 1	-	-	-	-	10
<b>Всього за змістовий модуль 1 - 75 год.</b>			<b>6</b>	<b>-</b>	<b>6</b>	<b>63</b>	<b>35</b>

Номер тижня	Вид занять	Тема заняття або завдання на самостійну роботу	Кількість					балів
			годин					
			лк	лаб.	пр.	СРС		
1	2	3	4	5	6	7	8	
<b>Змістовний модуль 2 - Основи теорії теплообміну. Теплоенергетичні установки та використання теплоти у переробній промисловості</b>								
9,10	Лекція 4	Закони теплового випромінювання	2	-	-	-	-	
	Практична робота 4	Нестаціонарні процеси теплопровідності	-	-	2	-	5	
	Самостійна робота	Підготовка до практичних робіт 4	-	-	-	21	4	
11,12	Лекція 5	Конвективний теплообмін	2	-	-	-	-	
	Практична робота 5	Методика розрахунку променистого теплообміну між твердими тілами.	-	-	2	-	4	
	Самостійна робота	Підготовка до практичних робіт 5	-	-	-	21	4	
13,14	Лекція 6	Сутність і методи теорії подібності і теплового моделювання	2					
	Практична робота 6	Теплообмін випромінюванням у поглинальному середовищі	-	-	2	-	4	
	Самостійна робота	Підготовка до практичної роботи 6	-	-	-	21	4	
15,16	ПМК 2	Підсумковий контроль за змістовий модуль 2	-	-	-	-	10	
<b>Всього за змістовий модуль 2 - 75 год.</b>			<b>6</b>	<b>-</b>	<b>6</b>	<b>63</b>	<b>35</b>	
<b>Екзамен</b>							<b>30</b>	
<b>Всього з навчальної дисципліни 75 + 75 = 150 год.</b>							<b>100</b>	

## 5. ПЕРЕЛІК ПИТАНЬ, ЩО ВІНОСЯТЬСЯ НА ПІДСУМКОВІ МОДУЛЬНІ КОНТРОЛІ

### ПМК-1

1. Що таке теплопровідність?
2. Що таке температурне поле?
3. Що таке ізотермічна поверхня?
4. Що таке температурний градієнт?
5. Сформулювати та записати закон Фур'є.
6. Що таке коефіцієнт теплопровідності?
7. Записати диференційне рівняння теплопровідності.
8. Що таке крайові умови рівняння теплопровідності?
9. Якими бувають граничні умови рівняння теплопровідності?
10. Провести розрахунок теплопереносу в безкінечній одношаровій плоскій стінці для граничних умов 1-го роду.
11. Що таке коефіцієнт теплопередачі та термічний опір безкінечної одношарової плоскої стінки?
12. Записати вирази для коефіцієнта теплопередачі та термічного опору для безкінечної багатошарової стінки.
13. Провести розрахунок теплопереносу в безкінечній багатошаровій плоскій стінці для граничних умов 3-го роду.
14. Розрахувати теплоперенос в безкінечній циліндричній стінці або трубі?
15. Що таке променистий теплообмін?
16. Чим відрізняється променистий теплообмін в твердих тілах та газах?
17. Що таке інтегральна та спектральна інтенсивність випромінювання?
18. Що таке яскравість випромінювання?
19. Основні закони поглинання, пропускання та відбивання променистої енергії? Коефіцієнти відбивання, пропускання та поглинання?
20. Що таке ефективне та результуюче випромінювання?
21. Закони теплового випромінювання та їх фізичний смисл:
22. Закон Планка.
23. Закон Релея-Джінса.
24. Закон Віна.
25. Закон Стефана-Больцмана.
26. Закон Кірхгофа.
27. Закон косинусів Ламберта.
28. Метод розрахунку променистого теплообміну
29. Метод багатократних відбивань.
30. Метод сальдо.
31. Що таке екранування? Як впливає наявність екранів на результуючий тепловий потік?
32. Основні положення променистого теплообміну для газів і пари.
33. Рівняння переносу променистої енергії в газах.
34. Закон Бугера.



35. Променистий теплообмін між газом та оболонкою.
36. Що таке конвективний теплообмін ?
37. Якими величинами характеризуються в'язкість та об'ємне розширення рідини або газу?
38. Що таке гідродинамічний та тепловий приграничний шари?
39. Що таке природна та вимушена конвекція?
40. Що таке ламінарний і турбулентний режим течії?

#### ПМК-2

41. Рівняння конвективного переносу.
42. Фізичний смисл членів, що входять в рівняння конвективного переносу.
43. Початкові та граничні умови для рівнянь конвективного переносу.
44. Що таке подібність процесів конвективного теплообміну?
45. Основні критеріальні комплекси або критерії рівнянь конвективного переносу.
46. Що таке критеріальні рівняння?
47. Основні ознаки подібності фізичних процесів тепло- і масопереносу.
48. Використання методів теорії подібності при математичному та експериментальному моделюванні процесів конвективного теплообміну.
49. Критеріальні рівняння теплопереносу для плоскої пластини при вимушеній конвекції: а) ламінарний режим течії, б) турбулентний режим течії.
50. Критичне число Рейнольда.
51. Критеріальні рівняння теплопереносу при вимушеній конвекції в трубах: а) ламінарний режим течії, б) турбулентний режим течії.
52. Особливості розрахунку критеріальних рівнянь при вимушеній конвекції для каналів довільної форми.
53. Критеріальні рівняння теплопереносу при поздовжньому обтіканні пучків труб з шахматним та коридорним розташуванням.
54. Критеріальні рівняння теплопереносу при поперечному обтіканні одиночної труби.
55. Тепловіддача при поперечному обтіканні коридорних пучків труб.
56. Характер теплопереносу при вільній конвекції. Що таке числа Грасгофа і Релея  $Gr$ ,  $Ra$ ?
57. Критеріальні рівняння теплопереносу при вільній конвекції на плоскій вертикальній пластині: а) ламінарний режим течії, б) турбулентний режим течії.
58. Тепловіддача при вільній конвекції на поверхні горизонтальної труби: а) ламінарний режим течії, б) турбулентний режим течії.
59. Основні закономірності процесу кипіння на плоскій поверхні. Бульбашкове та плівкове кипіння.
60. Кипіння у вертикальній трубі. Основні режими і фази кипіння у вертикальній трубі.
61. Основні критерії, що описують теплообмін при кипінні.
62. Критеріальні рівняння теплопереносу при кипінні у трубі.

63. Що таке крива кипіння? Перша і друга кризи теплообміну при кипінні.
64. Що таке процес конденсації? Крапельна та плівкова конденсація.
65. Теплообмін при конденсації нерухомої пари на вертикальній стінці. Рівняння Нуссельта.
66. Основні критерії та критеріальні рівняння при конденсації на поверхні при ламінарному і турбулентному режимі течії.
67. Критеріальні рівняння при конденсації рухомої пари у вертикальних трубах: а) ламінарний режим; б) турбулентний режим течії.
68. Конденсація на пучках горизонтальних труб.
69. Для чого використовують інтенсифікацію теплообміну на поверхні? Види інтенсифікації процесів теплообміну.
70. Оребрення як спосіб інтенсифікації теплообміну. Основні типи ребер. Теплова ефективність ребер.
71. Як визначається коефіцієнт теплопередачі для оребрених поверхонь? Що таке коефіцієнт оребрення?
72. Турбулізація як метод інтенсифікації теплообміну. Види інтенсифікаторів теплообміну.
73. Критеріальні рівняння для числа Нуссельта при поздовжньому обтіканні пучків труб з поздовжнім оребренням: а) ламінарний режим; б) турбулентний режим.
74. Критеріальні рівняння теплообміну течії при поперечному обтіканні пучків труб з поперечним оребренням: а) коридорний пучок труб; б) шаховий пучок труб.

## **6 МЕТОДИ НАВЧАННЯ**

Методи навчання, які використовуються в процесі проведення лекційних та практичних занять з навчальної дисципліни ТТ: лекції з використанням мультимедійних презентацій та проблемного викладання, робота в групах, розв'язування ситуаційних завдань, кейсів.

## **7. РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА**

### **Базова**

1. Дідур В.А. Стручаєв М.І. Теплотехніка, теплопостачання і використання теплоти в сільському господарстві: навч. підручник. Київ, 2008. 233с.
2. Панкевич О.Д. Теплопостачання : навчальний посібник / О. Д. Панкевич, О. І. Ободянська, О. В. Титко. Вінниця : ВНТУ, 2021. 85 с.
3. Буляндра О.Ф. Технічна термодинаміка. Київ, 2001. 320с.
4. Єлін П.М., Швачко Н.А. Теплопостачання. Навчальний посібник. Київ: Кондор, 2007. 244 с.
5. Горобець В.Г. Теплотехніка та використання теплоти в сільському господарстві. – Київ. –ЦП «Компринт». 2015. – 389 с.

### **Допоміжна**

6. Драганов Б.Х. Проектування систем теплопостачання сільського господарства: навчальний посібник. Техніка, 2003. 161 с.
7. Горобець В.Г. Теплоенергетичні установки і системи. 2018. ЦП Компринт, 393 с.

8. Горобець В.Г. Когенераційні установки. - Київ. –ЦП «Компринт». 2016. – 300 с.
9. Методичні вказівки до практичних робіт для здобувачів ступеня вищої освіти «Бакалавр» зі спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка і електромеханіка» денної форми навчання /Постол Ю.О. – Мелітополь: ТДАТУ, 2020. – 62 с.
10. Міжнародний науково-прикладний журнал «Теплофізика та теплоенергетика»  
URL : <http://ihe.nas.gov.ua/index.php/journal> (дата звернення: 25.08.2023)

### **8 ІНФОРМАЦІЙНІ РЕСУРСИ**

1. Освітній портал ТДАТУ <http://op.tsatu.edu.ua/course/view.php?id=279>
2. Наукова бібліотека ТДАТУ: <http://www.tsatu.edu.ua/biblioteka/>
3. Сайт кафедри ЕЕТ <http://www.tsatu.edu.ua/ettp/>
4. Національний портал з енергозбереження: <http://www.patriot-nrg.ua/>
5. Національна бібліотека України імені Вернадського: <http://www.nbuv.gov.ua/>
6. Бібліотека технічної літератури: <http://lib.toxy.cv.ua/>
7. Електронна бібліотека Наука і Техніка: <http://www.nit.kiev.ua/>