

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

**Одеський національний технологічний університет**

**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

**Експериментальні дослідження процесів тепло- та масообміну**  
*Назва дисципліни*

Обов'язкова навчальна дисципліна  
*Обов'язкова/Вибіркова*

Мова навчання – українська  
*українська/англійська*

Освітньо-наукова програма Технічна теплофізика та промислова  
теплоенергетика  
*(назва ОП)*

Код та найменування спеціальності 144 «Теплоенергетика»  
*(код та найменування спеціальності)*

Шифр та найменування галузі знань 14 «Електрична інженерія»  
*(шифр та найменування галузі знань)*

Ступінь вищої освіти: **Доктор філософії з теплоенергетики**

Розглянуто, схвалено та затверджено  
Методичною радою університету

РОЗРОБЛЕНО ТА ЗАБЕЗПЕЧУЄТЬСЯ: кафедрою нафтогазових технологій, інженерії та теплоенергетики Одеського національного технологічного університету

РОЗРОБНИК (розробники): Олександр ТІТЛОВ, д.т.н., професор  
(вказати авторів, їхні посади, наукові ступені та вчені звання)

Розглянуто та схвалено на засіданні кафедри нафтогазових технологій, інженерії та теплоенергетики

Протокол від «24» 08 2022\_р. № 1

Завідувач кафедри ПІДПИСАНО Олександр ТІТЛОВ

(підпис)

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Розглянуто та схвалено методичною радою зі спеціальності 144 Теплоенергетика галузі знань 14 Електрична інженерія

Протокол від «09» 09 2022\_р. № 1

Голова ради ПІДПИСАНО

(підпис)

Олександр ТІТЛОВ

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Гарант освітньої програми ПІДПИСАНО

(підпис)

Борис КОСОЙ

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Розглянуто та схвалено Методичною радою університету

Протокол від «22» 09 2022\_р. № 1

Секретар Методичної ради університету ПІДПИСАНО Валерій МУРАХОВСЬКИЙ

(підпис)

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

## ЗМІСТ

1	Пояснювальна записка.....	4
1.1	Мета та завдання навчальної дисципліни .....	4
1.2	Компетентності, які може отримати здобувач вищої освіти.....	4
1.3	Міждисциплінарні зв'язки.....	5
1.4	Обсяг навчальної дисципліни в кредитах ЄКТС.....	5
2	Зміст дисципліни:.....	6
2.1	Програма змістових модулів.....	6
2.2	Перелік практичних робіт.....	6
2.3	Перелік завдань до самостійної роботи.....	7
3	Критерії оцінювання результатів навчання.....	8
4	Інформаційне забезпечення.....	10

## Пояснювальна записка

### 1.1. Мета та завдання навчальної дисципліни

Метою викладання дисципліни «Експериментальні дослідження процесів тепло- та масообміну» є вивчення методів експериментальних досліджень процесів тепломасообміну, які характеризують теплові процеси у широкого класу теплоенергетичних установках.

В результаті вивчення курсу «Експериментальні дослідження процесів тепло- та масообміну» студенти повинні

**знати:** методи створення і визначення теплових потоків, методи визначення теплофізичних характеристик твердих тіл, методи визначення коефіцієнтів тепловіддачі, методи визначення характеристик променистого теплообміну, дослідження теплових процесів методом електротеплової аналогії.

**вміти:** визначати коефіцієнт теплопровідності методом стаціонарного та регулярного режиму, визначати коефіцієнт тепловіддачі методом стаціонарного режиму, методом аналогії з масовіддачею, розуміти схеми експериментальних установок для дослідження тепловіддачі при плинні рідини в каналах, визначати інтегральні коефіцієнти випромінювання методом стаціонарного режиму та методом світлового моделювання, планувати дослідження процесів променистого теплообміну.

### 1.2. Компетентності, які може отримати здобувач вищої освіти

У результаті вивчення навчальної дисципліни «Експериментальні дослідження процесів тепло- та масообміну» здобувач вищої освіти отримує наступні програмні компетентності та програмні результати навчання, які визначені в які визначені в [Стандарті вищої освіти зі спеціальності 144 Теплоенергетика та освітньо-професійній програмі «Технічна теплофізика та промислова теплоенергетика» підготовки докторів філософії.](#)

#### *Інтегральна компетентність*

**ІК-1.** Здатність продукувати нові ідеї, розв'язувати комплексні проблеми у теплоенергетичній галузі професійної та/або дослідницько-інноваційної діяльності, застосовувати методологію наукової та педагогічної діяльності, а також проводити власне наукове дослідження, результати якого мають наукову новизну, теоретичне та практичне значення.

#### *Загальні компетентності:*

**ЗК 1.** Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.

#### *Спеціальні (фахові, предметні) компетентності:*

**СК 1.** Здатність виконувати оригінальні дослідження, досягати наукові результати, які створюють нові знання у сфері теплоенергетики та дотичних до неї міждисциплінарних напрямках.

**СК 4.** Здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми дослідницького характеру у сфері теплоенергетики, оцінювати та забезпечувати якість виконуваних досліджень.

**СК 6.** Здатність обґрунтування та формулювання напрямків наукових досліджень та завдань для рішення наукових питань, створення фізичних та математичних моделей досліджуваних об'єктів та проведення їх верифікації на фізичних моделях та експериментальних установках

### *Програмні результати навчання:*

**ПРН 1.** Мати передові концептуальні та методологічні знання з теплоенергетики і на межі предметних галузей, а також дослідницькі навички, достатні для проведення наукових і прикладних досліджень на рівні останніх світових досягнень з теплоенергетики, отримання нових знань та/або здійснення інновацій.

**ПРН 3.** Формулювати і перевіряти гіпотези; використовувати для обґрунтування висновків належні докази, зокрема, результати теоретичного аналізу, експериментальних досліджень, спостережень, тощо і математичного та/або комп'ютерного моделювання, наявні літературні дані.

**ПРН 5.** Планувати і виконувати експериментальні та/або теоретичні дослідження з теплоенергетики та дотичних міждисциплінарних напрямів з використанням сучасних інструментів, критично аналізувати результати власних досліджень і результати інших дослідників у контексті усього комплексу сучасних знань щодо досліджуваної проблеми.

### **1.3. Міждисциплінарні зв'язки**

Попередні – Методологія наукових досліджень, філософія пізнання, послідовні – Сучасні методи інтенсифікації тепломасообміну, педагогічна практика.

### **1.4. Обсяг навчальної дисципліни в кредитах ЄКТС**

Навчальна дисципліна викладається на 2 курсі у 3 семестрі для денної форми навчання

Кількість кредитів ECTS - 6, годин - 180

Аудиторні заняття, годин:	всього	лекції	лабораторні	практичні
денна	30	20	-	10
заочна	10	6	-	4
Самостійна робота, годин	Денна - 150		Заочна - 170	

## **2. Зміст навчальної дисципліни**

### **2.1. Програма змістовних модулів**

**Змістовий модуль 1: Методи визначення теплових характеристик теплопровідності та конвективного теплообміну**

№ теми	Зміст теми	Кількість годин	
		денна	заочна
1	Методи створення і визначення теплових потоків	1	1
2	Експериментальні установки та сучасне обладнання для визначення теплових потоків методом стаціонарного та регулярного режиму	1	1
3	Методи визначення теплофізичних характеристик твердих тіл	1	
4	Експериментальні установки та сучасне обладнання для визначення теплових потоків для визначення коефіцієнтів тепловіддачі методом	1	1

	стаціонарного та регулярного режиму		
5	Методи визначення коефіцієнтів тепловіддачі	1	
<b>Разом за модулем 1</b>		<b>5</b>	<b>3</b>

**Змістовий модуль 2: Експериментальне дослідження масообмінних характеристик та радіаційного теплообміну**

№ теми	Зміст теми	Кількість годин	
		денна	заочна
1	Методи дослідження процесів масообміну. Визначення коефіцієнтів масовіддачі.	1	1
2	Схеми дослідження процесів масообміну експериментальних установок для дослідження процесів масообміну	1	1
3	Схеми експериментальних установок для дослідження процесів променистого теплообміну	1	
4	Дослідження теплових процесів методом електротеплової аналогії	1	1
5	Методи визначення характеристик променистого теплообміну		
<b>Разом за модулем 2</b>		<b>5</b>	<b>3</b>
<b>Разом з дисципліни</b>		<b>10</b>	<b>6</b>

**2.2. Перелік практичних робіт**

№ з/п	Назва практичної роботи	Кількість годин	
		денна	заочна
1	Визначення теплових потоків методом товстостінної труби	1	1
2	Визначення локальних теплових потоків за допомогою датчиків	1	
3	Визначення теплофізичних характеристик методом регулярного режиму	1	1
4	Методи регулярного режиму першого роду	1	
5	Метод регулярного режиму другого роду	1	
6	Метод монотонного нагрівання зразка	1	1
7	Визначення коефіцієнтів тепловіддачі методом регулярного режиму	1	
8	Визначення коефіцієнтів тепловіддачі методом аналогії з массоотдачей	1	
9	Схеми експериментальних установок для дослідження тепловіддачі газів	1	1
10	Визначення кутових коефіцієнтів випромінювання методом світлового моделювання	1	
<b>Всього</b>		<b>10</b>	<b>4</b>

### 2.3. Перелік завдань до самостійної роботи

№ п/п	Назва теми	Кількість годин	
		денна	заочна
<b>1</b>	<b>Опрацювання лекційного матеріалу</b>	<b>20</b>	<b>30</b>
1.1	Методи створення і визначення теплових потоків	2	3
1.2	Експериментальні установки та сучасне обладнання для визначення теплових потоків методом стаціонарного та регулярного режиму	2	3
1.3	Методи визначення теплофізичних характеристик твердих тіл	2	3
1.4	Експериментальні установки та сучасне обладнання для визначення теплових потоків для визначення коефіцієнтів тепловіддачі методом стаціонарного та регулярного режиму	2	3
1.5	Методи визначення коефіцієнтів тепловіддачі	2	3
1.6	Методи дослідження процесів масообміну. Визначення коефіцієнтів масовіддачі.	2	3
1.7	Схеми дослідження процесів масообміну експериментальних установок для дослідження процесів масообміну	2	3
1.8	Схеми експериментальних установок для дослідження процесів променистого теплообміну	2	3
1.9	Дослідження теплових процесів методом електротеплової аналогії	2	3
1.10	Методи визначення характеристик променистого теплообміну	2	3
<b>2</b>	<b>Опрацювання окремих розділів програми, які не виносяться на лекції</b>	<b>60</b>	<b>66</b>
2.1	Схеми експериментальних установок для дослідження тепловіддачі при плинні рідини в каналах	10	11
2.2	Схеми експериментальних установок для дослідження тепловіддачі газів	10	11
2.3	Комплексні методи визначення теплофізичних характеристик	10	11
2.4	Інтегральні коефіцієнти випромінювання методом стаціонарного режиму	10	11
2.5	Інтегральні коефіцієнти випромінювання методом регулярного режиму	10	11
2.6	Відносний метод регулярного режиму. Абсолютний метод регулярного режиму.	10	11
<b>3</b>	<b>Виконання індивідуальних навчально-дослідних завдань</b>	<b>55</b>	<b>59</b>
3.1	Дослідження процесів конвективного теплообміну	10	13
3.2	Види електричних моделей	15	17
3.3	Дослідження променистого теплообміну в системі сірих тіл	15	17
3.4	Визначення кутових коефіцієнтів випромінювання	15	12
<b>4</b>	<b>Підготовка та складання контрольних заходів</b>	<b>15</b>	<b>15</b>
	<b>Всього</b>	<b>150</b>	<b>170</b>

### 3. Критерії оцінювання результатів навчання

Види контролю: поточний, підсумковий – диф. залік  
диф. залік/екзамен

#### Нарахування балів за виконання змістового модуля

Вид роботи, що підлягає контролю	Оцінні бали		Форма навчання					
			денна			заочна		
	min	max	К-ть робіт	Сумарні бали		К-ть робіт	Сумарні бали	
				min	max		min	max
1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>Змістовий модуль 1. Методи визначення теплових характеристик теплопровідності та конвективного теплообміну</b>								
Робота на лекціях	1	2	5	5	10	3	4	6
Виконання лабораторних робіт								
Виконання практичних робіт	1	2	5	5	15	2	1	2
Опрацювання тем, не винесених на лекції	1	5	3	7	15	3	12	15
Підготовка до лабораторних занять								
Підготовка до практичних занять	2,3	3	5	10	15	5	1	2
Виконання індивідуальних завдань	1	2,5	2	3	5	2	12	35
Проміжна сума /повинна бути до 60 балів/				<b>30</b>	<b>60</b>		<b>30</b>	<b>60</b>
Поточний контроль (тестовий)				15	20		15	20
Модульний контроль				15	20		15	20
Оцінка за змістовий модуль 1				<b>60</b>	<b>100</b>		<b>60</b>	<b>100</b>
<b>Змістовий модуль 2. Змістовий модуль 2: Експериментальне дослідження масообмінних характеристик та радіаційного теплообміну</b>								
Робота на лекціях	1	2	5	5	10	4	4	8
Виконання лабораторних робіт								
Виконання практичних робіт	1	2	7,5	7,5	15	3	3	6



Опрацювання тем, не винесених на лекції	2,4	3	5	12	15	5	12	15
Підготовка до лабораторних занять								
Підготовка до практичних занять	1	2	7,5	7,5	15	3	3	6
Виконання індивідуальних завдань	1,5	2,5	2	3	5	5	12	35
Проміжна сума /повинна бути до 60 балів/				<b>30</b>	<b>60</b>		<b>30</b>	<b>60</b>
Поточний контроль (тестовий)				15	20		15	20
Контроль результатів дистанційного модулю				15	20		15	20
Оцінка за змістовий модуль 1				<b>60</b>	<b>100</b>		<b>60</b>	<b>100</b>

#### 4. Інформаційні ресурси

##### Базові (основні):

1. Основи наукових досліджень [Текст]: навч. посіб. / В. М. Дорошенко, О. С. Тітлов, Т. А. Сагала, Н. О. Біленко ; МОН України, Одеська нац. акад. харчових технологій. — Одеса : ОНАХТ, 2019. — 156 с
2. Бошкова, І. Л. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з курсу "Теорія тепломасообміну" [Електронний ресурс]: для студентів спец. 141 "Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка". Освітня програма "Нетрадиційні та відновлювальні джерела енергії" / І. Л. Бошкова, М. Д. Потапов, Н. В. Волгушева ; відп. за вип. О. С. Тітлов ; Каф. нафтогазових технологій, інженерії та теплоенергетики. — Одеса : ОНАХТ, 2020.
3. Бошкова, І. Л. Методологія та організація наукових досліджень [Електронний ресурс]: консп. лекцій напряму підготовки "Теплоенергетика", спеціальностей "Теплофізика", "Теплоенергетика" / І. Л. Бошкова ; МОН України, Одеська нац. акад. харчових технологій. — Одеса : ОНАХТ, 2016.

##### Додаткові (за наявності):

1. Погорелов, А. І. . Тепломасообмін (основи теорії і розрахунку) [Текст]: навч. посіб. /А. І. Погорелов. — 4-те вид., випр. — Львів: Новий Світ-2000, 2006. — 144 с. — (Вища освіта України). Мова: Українська Шифр: 536(075) Авторський знак: П43.
2. Експериментальна теплофізика. Методи дослідження теплофізичних властивостей речовин. <https://www.yakaboo.ua/ua/eksperimental-na-teplofizika-metodi-doslidzhennja-teplofizichnih-vlastivostej-rechovin.html>