МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Одеський національний технологічний університет

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ ТЕПЛООБМІНУ В СУЦІЛЬНИХ, ДИСПЕРСНИХ ТА БАГАТОФАЗНИХ СЕРЕДОВИЩАХ

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**

Розглянуто, схвалено та затверджено
Методичною радою університету

2022

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

РОЗРОБНИК (розробники): __Ірина БОШКОВА, 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 _____ ___Олександр ТІТЛОВ___
(підпис) Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Гарант освітньої програми__ПІДПИСАНО ____ _____Борис КОСОЙ___
(підпис) 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 лабораторних занять	6
2.3	Перелік практичних робіт……...	6
2.4	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 «Методи дослідження процесів теплообміну в суцільних, дисперсних та багатофазних середовищах» є вивчення особливостей процесів переносу теплоти та маси в суцільних, дисперсних та багатофазних середовищах та існуючих методів аналітичного дослідження явищ теплопровідності, конвективного і складного теплообміну в різних умовах розповсюдження теплоти, що моделюють процеси перенесення в елементах енергетичних, теплотехнологічних та інших апаратів.

В результаті вивчення курсу «Методи дослідження процесів теплообміну в суцільних, дисперсних та багатофазних середовищах» студенти повинні
знати: засади формування фізичних та математичних моделей, методи аналітичних рішень задач тепломасообміну в в суцільних, дисперсних та багатофазних середовищах для різних способах підведення та відведення теплоти, результати таких рішень; методи досліджень процесів теплопровідності в суцільних та дисперсних середовищах, конвективного теплообміну в одно- та багатофазних середовищах, масообміну.
вміти: формулювати краєві задачі тепломасообміну, вибирати та застосовувати раціональні методи їх вирішення, проводити аналітичне дослідження процесів перенесення в різних типах середовищ та аналізувати рішення.

1.2. Компетентності, які може отримати здобувач вищої освіти

У результаті вивчення навчальної дисципліни «Методи дослідження процесів теплообміну в суцільних, дисперсних та багатофазних середовищах» 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 3. Здатність розв’язувати комплексні проблеми у сфері теплоенергетики на основі системного наукового світогляду та загального культурного кругозору із дотриманням принципів професійної етики та академічної доброчесності.

Спеціальні (фахові, предметні) компетентності:

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'єктив та проведення їх верифікації на фізичних моделях та експериментальних установках

Програмні результати навчання:

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 4. Розробляти та досліджувати концептуальні, математичні і комп'ютерні моделі процесів і систем, ефективно використовувати їх для отримання нових знань та/або створення інноваційних продуктів у теплоенергетиці та дотичних міждисциплінарних напрямах.

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.

ПРН 9*. Розуміти прийоми математичного моделювання процесів перенесення теплоти та маси, що включають створення математичних моделей, що відбивають причинно-наслідкові зв'язки явищ; дослідження математичних моделей, рішення наукових задач.

1.3. Міждисциплінарні зв'язки

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

1.4. Обсяг навчальної дисципліни в кредитах ЄКТС

Навчальна дисципліна викладається на *1* курсі у 1 семестрі для денної форми навчання
Кількість кредитів ECTS - 4, годин - 120

Аудиторні заняття, годин:	всього	лекції	лабораторні	практичні
денна	40	10	6	24
заочна	10	4	2	4
Самостійна робота, годин	Денна - 80		Заочна - 110	

2. Зміст навчальної дисципліни

2.1. Програма змістовних модулів

Змістовий модуль 1: Аналітичні методи дослідження процесів теплопровідності

№ теми	Зміст теми	Кількість годин	
		денна	заочна
1	Основні положення та методи дослідження теплообміну. Математична модель теплопровідності. Задачі теплопровідності при зміні агрегатного стану	2	1
2	Точні та наближені методи вішення задач теплопровідності. Метод розділення змінних в нестаціонарних задачах класичних тіл.	2	1

3	Метод інтегральних перетворювань в нестаціонарних задачах. Наближені аналітичні методи	1	

Змістовий модуль 2: **Аналітичні рішення задач теплообміну, масообміну, радіаційного**

№ теми	*Зміст теми*	Кількість годин	
		денна	заочна
1	Математична модель конвективного теплообміну. Аналітичний опис теплообміна при ламінарному русі	2	1
2	Полуемпіричні теорії турбулентності. Полуемпіричні теорії турбулентності.	1	1
3	Масоперенос в ізотермічних процесах.	1	
4	Радіаційний та складний теплообмін	1	
	Разом з дисципліни	**10**	**4**

2.2 Перелік лабораторних робіт

№ з/п	Назва лабораторної роботи	Кількість годин	
		денна	заочна
1	Дослідження теплопровідності дисперсних середовищ в умовах дії внутрішніх джерел енергії на прикладі мікрохвильового поля	2	1
2	Дослідження теплообміну між щільним нерухомим шаром дисперсного матеріалу та наскрізним газовим потоком	2	1
3	Дослідження інтенсивності теплообміну у в'язких багатокомпонентних багатофазних середовищах	2	
	Всього	**6**	**4**

2.3 Перелік практичних робіт

№ з/п	Назва практичної роботи	Кількість годин	
		денна	заочна
1	Розв’язання задачі нагрівання необмеженого циліндру	2	1
2	Розв’язання задачі охолодження напівобмеженого масиву	2	
3	Задачі теплопровідності для умов дії внутрішніх джерел енергії	2	
5	Розв’язання задачі промерзання напівобмеженого водного масиву	2	
6	Знаходження розподілу температур в масиві при нестаціонарному теплообміну (рішення на підставі на методу виключення перемінних)	2	
7	Задача теплообміну дисперсного матеріалу з наскрізним потоком газового середовища	2	
8	Задача нагрівання щільного шару дисперсного матеріалу з наскрізним потоком газового середовища	2	1
9	Тепло-масообмін при сушінні щільного шару дисперсних матеріалів. Сушіння щільного шару дисперсних матеріалів в умовах дії внутрішніх джерел енергії.	2	1
10	Аналогія процесів тепло- та масообміну	2	
11	Задача розрахунку радіаційного теплообміну в поглинаючих середовищах	2	
12	Математичне моделювання процесів радіаційного та складного теплообміну	2	1

	Всього	**24**	**4**

2.4 Перелік завдань до самостійної роботи

№ п/п	Назва теми	Кількість годин	
		денна	заочна
1	**Опрацювання лекційного матеріалу**	**20**	**30**
1.1	Окремі випадки диференціального рівняння теплопровідності. Гіперболічне рівняння теплопровідності	4	6
1.2	Нестаціонарна теплопровідність тіл правильної форми (розв'язання методом виключення змінних)	4	6
1.3	Рівняння температурного поля класичних тіл (одномірні нестаціонарні задачі)	4	6
1.4	Субстанціальне рівняння . Математична модель конвективного теплообміну	4	6
2	**Опрацювання окремих розділів програми, які не виносяться на лекції**	**20**	**32**
2.1	Порознійсть, аеродинамічний опір та теплообмін нерухомого продуваємого шару	5	8
2.2	Моделі тепло- масопереносу в шарі дисперсних матеріалів	5	8
2.3	Теплообмін компонентів при дії внутрішніх джерел енергії	5	8
2.4	Сушіння дисперсних матеріалів при різних способах підведення теплоти	5	8
3	**Виконання індивідуальних навчально-дослідних завдань**	**25**	**33**
3.1	Розрахункове дослідження тепловологісних процесів в щільном шарі	4	6
3.2	Проведення теплового розрахунку сушарки	5	6
3.3	Вимір коефіцієнтів перенесення вологи та теплоти	4	6
3.4	Визначення потоків теплоти та вологи при сушінні	4	5
3.5	Аналіз апаратів з щільним шаром дисперсного матеріалу (каталітичний генератор, сірчатокіслотний хімічний реактор, повітроохолоджувач)	4	5
3.6	Визначення аналогії процесів тепло-та масообміну	4	5
4	**Підготовка та складання контрольних заходів**	**15**	**15**
	Всього	**80**	**110**

3. Критерії оцінювання результатів навчання

Види контролю: поточний, підсумковий – ____екзамен____
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
Змістовий модуль 1. Аналітичні методи дослідження процесів теплопровідності								
Робота на лекціях	1	2	5	5	10	4	4	8
Виконання лабораторних робіт	1	4	3	6	12	2	2	4
Виконання практичних робіт	0,5	1	6	6	12	3	3	6
Опрацювання тем, не винесених на лекції	2,4	3	2	4	8	5	7,5	15
Підготовка до лабораторних занять	1	2	3	3	6		3	6
Підготовка до практичних занять	1	2	6	3	6	3	4,5	9
Виконання індивідуальних завдань	1,7	3,3	3	3	6	5	6	12
Проміжна сума /*повинна бути до 60 балів*/				**30**	**60**		**30**	**60**
Поточний контроль (тестовий)				15	20		15	20
Модульний контроль				15	20		15	20
Оцінка за змістовий модуль 1				**60**	**100**		**60**	**100**
Змістовий модуль 2. Аналітичні рішення задач теплообміну та масообміну								
Робота на лекціях	1	2	5	5	10	4	4	8
Виконання лабораторних робіт	1	4	3	6	12	2	2	4
Виконання практичних робіт	0,5	1	6	6	12	3	3	6

Опрацювання тем, не винесених на лекції	2,4	3	2	4	8	5	7,5	15
Підготовка до лабораторних занять	1	2	3	3	6		3	6
Підготовка до практичних занять	1	2	6	3	6	3	4,5	9
Виконання індивідуальних завдань	1,7	3,3	3	3	6	5	6	12
Проміжна сума /*повинна бути до 60 балів*/				**30**	**60**		**30**	**60**
Поточний контроль (тестовий)				15	20		15	20
Контроль результатів дистанційного модулю				15	20		15	20
Оцінка за змістовий модуль 1				**60**	**100**		**60**	**100**

4.Інформаційні ресурси
5.

Базові (основні):

1. Boshkova, I. L. Bases of heat and mass transfer [Текст] : textbook for students / I. L. Boshkova, N. V. Volgusheva; Odessa National Academy of Food Technologies, V.S. Martynovskyi Educational & Scientific Institute of Cold, Cryotechnologies and Environmental Energy. — Odessa : Bondarenko M., 2018. — 184 p.
2. Календер'ян, В.О. Методи дослідження процесів теплообміну [Текст]: навч. посіб. Ч. 1: Розрахункові методи / В. О. Календер'ян; Одес. держ. акад. холоду. — Одеса: ОДАХ, 2006. — 171 с.
3. Календер'ян, В.О. Методи дослідження процесів теплообміну [Текст]: навч. посіб. Ч. 2: Експериментальні методи / В. О. Календер'ян; Одеська держ. акад. холоду. — Одеса : ОДАХ, 2006. — 75 с.
4. Методи дослідження процесів теплообміну [Електронний ресурс]: метод. вказівки до викон. лаб. робіт для студентів напряму підготовки 6.050601 "Теплоенергетика" / уклад. І.Л. Бошкова; Одеська нац. акад. харчових технологій. — Одеса : ОНАХТ, 2016. — 1 електрон. опт. диск (CD-R): 47 с.
5. Бошкова, І. Л. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з курсу "Теорія тепломасообміну" [Електронний ресурс]: для студентів спец. 141 "Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка" / І. Л. Бошкова, М. Д. Потапов, Н. В. Волгушева; відп. за вип. О. С. Тітлов; Каф. нафтогазових технологій, інженерії та теплоенергетики. — Одеса: ОНАХТ, 2020. — 73 с.

Додаткові (за наявності):

1. Календерьян, В. А. Тепломассоперенос в аппаратах с плотным слоем дисперсного материала [Текст]: монография / В. А. Календерьян, И. Л. Бошкова. — Киев : Слово, 2011. — 184 с.
2. Угольніков, О.П. Методи дослідження процесів теплообміну [Електронний ресурс] : навч. посіб. / О. П. Угольніков, І. Л. Бошкова; МОН України, Одеська нац. акад. харчових технологій. — Одесса: ОНАПТ ИХКЭ, 2014. — 1 электрон. опт. диск (CD-R): 106 с. текста.
3. Тепломасообмінні процеси та обладнання переробного та харчового виробництва [Текст]: навч. посіб. Ч. 2 / І.П. Паламарчук, П.С. Берник, З.А. Стоцько, В.В. Яськов; Наук.-метод. центр вищої освіти М-ва освіти і науки України. — Львів: Бескид Біт, 2006. — 386 с.
4. Погорєлов, А. І. . Тепломасообмін (основи теорії і розрахунку) [Текст]: навч. посіб. /А. І. Погорєлов. — 4-те вид., випр. — Львів: Новий Світ-2000, 2006. — 144 с. — (Вища освіта Україні). Мова: Українська Шифр: 536(075) Авторський знак: П43.