

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**



СИЛАБУС ОБОВ'ЯЗКОВОГО ОСВІТНЬОГО КОМПОНЕНТУ

**«МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ ТЕПЛООБМІНУ В
СУЦІЛЬНИХ, ДИСПЕРСНИХ ТА БАГАТОФАЗНИХ СЕРЕДОВИЩАХ»**

Мова навчання – *українська*

Шифр та найменування галузі знань *14 «Електрична інженерія»*

Код та найменування спеціальності *144 «Теплоенергетика»*

Освітньо-наукова програма *Технічна теплофізика та промислова
теплоенергетика*

Ступінь вищої освіти *Доктор філософії*

Затверджено на засіданні

Методичної Ради зі спеціальності *144 Теплоенергетика*
«20» 03 2024 р. протокол №1.

Реєстраційний номер у відділі аспірантури та докторантури

13-144-2024 А

1. Загальна інформація

Кафедра: [Нафтогазових технологій, інженерії та теплоенергетики](#)
Викладач: Бошкова Ірина Леонідівна, професор кафедри нафтогазових технологій, інженерії та теплоенергетики, професор



Контакти:
[Профайл](#)
тел: 0963316521
e-mail: boshkova.irina@gmail.com

Освітній компонент викладається на 1 курсі у 2 семестрі

Кількість: кредитів – 4, годин – 120

	Всього	Лекції	Практичні	Лабораторні
денна	60	20	30	10
заочна	30	10	10	10
Самостійна робота, годин	Денна - 60		Заочна – 90	

[Розклад занять](#)

2. Анотація освітнього компоненту

Освітній компонент (ОК) «МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ ТЕПЛООБМІНУ В СУЦІЛЬНИХ, ДИСПЕРСНИХ ТА БАГАТОФАЗНИХ СЕРЕДОВИЩАХ» тісно пов'язан з теплоенергетичними процесами в технічних пристроях та теплотехнологіями. Розглядаються розрахункові методи дослідження процесів тепло- і масо переносу в суцільних, дисперсних та багатофазних середовищах. При вивченні явищ тепломасоопереносу, побудові математичних моделей використовується феноменологічний підхід. Вивчаються основні положення засади формування фізичних та математичних моделей, використання отриманих на підставі рішення математичних моделей залежностей для визначення теплових характеристик процесів теплопровідності, конвективного та радіаційного теплообміну, масообміну, особливості апаратів з щільними шарами дисперсних матеріалів. Формуються навички складання крайових задач ТМО, методи обирання та застосування раціональних методів їх вирішення та проведення аналізу, навички розв'язування часних задач тепломасообміну та особливостей використання в теплоенергетиці дисперсних та багатофазних середовищ..

Освітній компонент «МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ ТЕПЛООБМІНУ В СУЦІЛЬНИХ, ДИСПЕРСНИХ ТА БАГАТОФАЗНИХ СЕРЕДОВИЩАХ» базується на знаннях, отриманих здобувачем вищої освіти в результаті вивчення освітніх компонент «Методологія наукових досліджень», «Філософія пізнання», послідовні – «Сучасні методи інтенсифікації тепломасообміну», «Педагогічна практика».

3. Мета освітнього компоненту

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.

4. Компетентності та програмні результати навчання

У результаті вивчення освітнього компоненту «МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ ТЕПЛООБМІНУ В СУЦІЛЬНИХ, ДИСПЕРСНИХ ТА БАГАТОФАЗНИХ СЕРЕДОВИЩАХ» здобувач вищої освіти отримує наступні програмні компетентності та програмні результати навчання, які визначені в в [Стандарті вищої освіти зі спеціальності 144 Теплоенергетика](#) та [освітньо-накової програмі «Технічна теплофізика та промислова теплоенергетика»](#).

Інтегральна компетентність

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.

ЗК03. 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 1. Здатність виконувати оригінальні дослідження, досягати наукові результати, які створюють нові знання у сфері теплоенергетики та дотичних до неї міждисциплінарних напрямках.

СК04. 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 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 напрямках.

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

ПРН 6. Розробляти та реалізовувати наукові та/або інноваційні інженерні проекти, які дають можливість переосмислити наявне та створити нове цілісне знання та/або професійну практику і розв'язувати значущі наукові та технологічні проблеми теплоенергетики з

дотриманням норм академічної етики і врахуванням соціальних, економічних, екологічних та правових аспектів.

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.

5. Інформаційний обсяг освітнього компоненту

5.1 Перелік лекційних завдань

Тема	Зміст теми	Кількість годин	
		денна	заочна
Змістовний модуль 1. АНАЛІТИЧНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ ТЕПЛОПРОВІДНОСТІ.			
1.	Основні положення та методи дослідження теплообміну.	2	1
2.	Математична модель теплопровідності. Задачі теплопровідності при зміні агрегатного стану	2	1
3.	Точні та наближені методи вішення задач теплопровідності.	2	1
4.	Метод розділення змінних в нестационарних задачах класичних тіл.	2	1
5.	Метод інтегральних перетворювань в нестационарних задачах. Наближені аналітичні методи	2	1
Змістовний модуль 2. АНАЛІТИЧНІ РІШЕННЯ ЗАДАЧ ТЕПЛООБМІНУ, МАСООБМІНУ, РАДІАЦІЙНОГО			
1	Математична модель конвективного теплообміну.	2	1
2	Аналітичний опис теплообміна при ламінарному русі	2	1
3	Полуемпіричні теорії турбулентності.	2	1
4	Масоперенос в ізотермічних процесах.	2	1
5	Радіаційний та складний теплообмін	2	1
Разом за ОК:		20	10

5.2 Перелік практичних робіт

№ з/п	Назва практичної роботи	Кількість годин	
		денна	заочна
1	Задачі теплопровідності для умов дії внутрішніх джерел енергії	3	1
2	Розв'язання задач промерзання напівобмеженого водного масиву	3	1
3	Знаходження розподілу температур в масиві при нестационарному теплообміну (рішення на підставі на методу виключення перемінних)	3	1
4	Задача теплообміну дисперсного матеріалу з наскрізним потоком газового середовища	3	1
5	Задача нагрівання щільного шару дисперсного матеріалу з наскрізним потоком газового середовища	3	1
6	Тепло-масообмін при сушінні щільного шару дисперсних матеріалів.	3	1
7	Сушіння щільного шару дисперсних матеріалів в умовах дії внутрішніх джерел енергії.	3	1
8	Аналогія процесів тепло- та масообміну	3	1
9	Задача розрахунку радіаційного теплообміну в діатермічних середовищах	3	1
10	Задача розрахунку радіаційного теплообміну в поглинаючих середовищах	3	1
Всього за ОК:		30	10

5.2 Перелік лабораторних робіт

№	Назва практичної роботи	Кількість годин
---	-------------------------	-----------------

з/п		денна	заочна
1	Дослідження теплопровідності для умов дії внутрішніх джерел енергії	2	2
2	Визначення температур в масиві при нестационарному нагріванні	2	2
3	Визначення коефіцієнту теплообміну між дисперсним матеріалом з наскрізним потоком газового середовища	2	2
4	Сушіння щільного шару дисперсних матеріалів в умовах дії внутрішніх джерел енергії.	2	2
5	Нестационарне нагрівання тіл класичної форми	2	2
Всього за ОК:		10	10

5.3 Перелік завдань до самостійної роботи

№ п/п	Назва теми	Кількість годин	
		денна	Заочна
	Опрацювання лекційного матеріалу	10	22
1.1	Окремі випадки диференціального рівняння теплопровідності. Гіперболічне рівняння теплопровідності	2	6
1.2	Нестационарна теплопровідність тіл правильної форми (розв'язання методом виключення змінних)	2	6
1.3	Рівняння температурного поля класичних тіл (одномірні нестационарні задачі)	3	5
1.4	Субстанціальне рівняння. Математична модель конвективного теплообміну	3	5
2	Опрацювання окремих розділів програми, які не виносяться на лекції	15	23
2.1	Порознійсть, аеродинамічний опір та теплообмін нерухомого продуваного шару	4	6
2.2	Моделі тепло- масопереносу в шарі дисперсних матеріалів	4	5
2.3	Теплообмін компонентів при дії внутрішніх джерел енергії	4	6
2.4	Сушіння дисперсних матеріалів при різних способах підведення теплоти	3	6
3	Виконання індивідуальних навчально-дослідних завдань	20	30
3.1	Розрахункове дослідження тепловологісних процесів в щільном шарі	4	5
3.2	Проведення теплового розрахунку сушарки	4	5
3.3	Вимір коефіцієнтів перенесення вологи та теплоти	3	5
3.4	Визначення потоків теплоти та вологи при сушінні	3	5
3.5	Аналіз апаратів з щільним шаром дисперсного матеріалу (каталітичний генератор, сірчатокіслотний хімічний реактор, повітроохолоджувач)	3	5
3.6	Визначення аналогії процесів тепло-та масообміну	3	5
4	Підготовка та складання контрольних заходів	15	15
	Всього	60	90

6. Система оцінювання та вимоги

Контроль успішності навчання здобувача проводиться у формах вхідного, поточного і підсумкового контролів.

Вхідний контроль якості навчання здійснюється на початку курсу проведенням перевірки залишкових знань здобувачів за ОК, що забезпечують вивчення даного освітнього компоненту (діагностика первинних знань здобувачів).

Формами поточного контролю є:

- *модульні контрольні роботи;*
- *тестування знань здобувачів з певних тем або з певних окремих питань ОК;*

- виконання і захист практичних/лабораторних робіт;
- усне опитування;

Підсумковий контроль – *екзамен*

Нарахування балів:

Вид роботи, що підлягає контролю	Максимальна кількість оціночних балів	
	денна	заочна
Змістовний модуль 1. СПОСОБИ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ ТЕПЛООБМІНУ.		
Лекційний курс*	-	-
Практичні роботи*	15	5
Лабораторні роботи	3	3
Самостійна робота*	17	27
Всього за змістовний модуль 1	35	35
Змістовний модуль 2. ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ТЕПЛООБМІНУ В ТЕПЛООБМІННИХ АПАРАТАХ		
Лекційний курс*	-	-
Практичні роботи*	15	5
Лабораторні роботи	2	2
Самостійна робота*	18	28
Всього за змістовний модуль 2	35	35
Екзамен	30,0	30
Всього	100,0	100

*Є можливість визнання результатів неформальної освіти відповідно до п.2 [Положення про порядок перезарахування результатів навчання \(навчальних дисциплін\) в Одеському національному технологічному університеті.](#)

Критерії оцінювання програмних результатів навчання здобувачів
Підсумковий контроль – екзамен

28-30 балів	якщо здобувач демонструє повні й глибокі знання навчального матеріалу, достовірний рівень розвитку умінь і навичок, правильне й обґрунтоване формулювання практичних висновків, уміння приймати необхідні рішення в різних нестандартних ситуаціях, вільне володіння науковими термінами, високу комунікативну культуру	відмінно
25-27 балів	якщо здобувач демонструє повні знання навчального матеріалу, достовірний рівень розвитку умінь і навичок, правильне й обґрунтоване формулювання практичних висновків, уміння приймати необхідні рішення в стандартних ситуаціях, вільне володіння науковими термінами, високу комунікативну культуру	дуже добре
20-24 бали	якщо здобувач виявляє дещо обмежені знання навчального матеріалу, допускає окремі несуттєві помилки й неточності	добре
15-19 балів	якщо здобувач засвоїв основний навчальний матеріал, володіє необхідними уміннями та навичками для вирішення стандартних завдань, проте при цьому допускає неточності, не виявляє самостійності суджень, демонструє недоліки комунікативної культури	задовільно
0-14 балів	якщо здобувач не володіє необхідними знаннями, уміннями й навичками, науковими термінами, демонструє низький рівень комунікативної культури	незадовільно

Практичні роботи (оцінювання однієї роботи, денна та заочна форма навчання)

1,8 – 2,0 бала	<i>Практична відпрацьована вчасно, надані повні обґрунтовані відповіді</i>	відмінно
1,5 – 1,7 балів	<i>Практична відпрацьована вчасно, при відповіді допущені неточності</i>	дуже добре
1,1 – 1,4 балів	<i>Практична відпрацьована, відповіді неповні, допущені помилки</i>	добре
0,6 – 1,0 балів	<i>Практична відпрацьована, відповіді незадовільні, допущені грубі помилки</i>	достатньо
0-0,5 балів	<i>Практична не відпрацьована або дані незадовільні відповіді</i>	незадовільно

Лабораторні роботи (оцінювання однієї роботи)

0,85 – 1 бал	Лабораторна робота відпрацьована та вчасно захищена, надані повні обґрунтовані відповіді	відмінно
0,65 – 0,8 балів	Лабораторна робота відпрацьована та вчасно захищена, при відповіді допущені неточності	дуже добре
0,45 – 0,6 балів	Лабораторна робота відпрацьована, відповіді неповні, допущені помилки	добре
0,25 – 0,4 балів	Лабораторна робота відпрацьована, відповіді незадовільні, допущені грубі помилки	достатньо
0-0,2 балів	Лабораторна робота не відпрацьована або дані незадовільні відповіді	незадовільно

Самостійна робота (в рамках одного модуля)

Денна	Заочна		
25-35 балив	40-55 балив	Самостійна робота відпрацьована та вчасно захищена, надані повні обґрунтовані відповіді	відмінно
15-24 бали	26-39 балив	Самостійна робота відпрацьована та вчасно захищена, при відповіді допущені неточності	дуже добре
13-14 балив	15-25 бали	Самостійна робота відпрацьована, відповіді неповні, допущені помилки	добре
8-12 балив	13-14 балив	Самостійна робота відпрацьована, відповіді незадовільні, допущені грубі помилки	достатньо
0-7 балив	0-12 балив	Самостійна робота не відпрацьована або дані незадовільні відповіді	незадовільно

7. Засоби діагностики успішності навчання

Методи навчання, які використовуються у процесі проведення занять, а також самостійних робіт за ОК:

Лекційні заняття: *Словесні методи: розповідь, пояснення, бесіда, дискусія; Наочні: ілюстрація, спостереження, демонстрація; пояснювально- демонстративний метод, проблемний виклад.*

Практичні заняття: *аналіз конкретних ситуацій (проблемних, звичайних, нетипових); групове обговорення питання; дискусії, виконання ситуаційно-розрахункових задач, технології ситуативного моделювання, технології опрацювання дискусійних питань*

Самостійна робота: *робота з навчально-методичними матеріалами, складання звітної документації, науково-дослідна робота здобувачів (методи пізнання, аналогій, оцінка, ілюстрація тощо), реферування, конспектування.*

8. Інформаційні ресурси

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. Martynovskiy 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. Календер'ян, В. А. Тепломассоперенос в аппаратах с плотным слоем дисперсного материала [Текст]: монография / В. А. Календер'ян, 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. — Одеса: ОНАПТ ИХКЭ, 2014. — 1 електрон. 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. 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.

9. Політика освітнього компоненту

Політика всіх освітніх компонент в ОНТУ є уніфікованою та визначена з урахуванням законодавства України, [Корпоративному кодексу ОНТУ](#), [Кодексу академічної доброчесності ОНТУ](#), [Положення про організацію освітнього процесу ОНТУ](#), [Положення про порядок перезарахування результатів навчання \(навчальних дисциплін\) в ОНТУ](#), [вимог ISO 9001:2015](#) та [роботодавців](#).

Викладач

/ПІДПИСАНО/

Ірина БОШКОВА

Розглянуто та затверджено на засіданні кафедри НТІТ_____

Протокол від 14.03.2024 р. № 12

Завідувач кафедри

/ПІДПИСАНО/

Олександр ТІТЛОВ

ПОГОДЖЕНО:

Гарант ОП *ТЕХНІЧНА ТЕПЛОФІЗИКА ТА ПРОМИСЛОВА ТЕПЛОЕНЕРГЕТИКА*

професор кафедри ЕТПЕ

/ПІДПИСАНО/

Борис КОСОЙ