

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



СИЛАБУС ОBOB'ЯЗKOBOTO OCBITHЬOTO KOМПОНЕНТУ

**«СУЧАСНІ МЕТОДИ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ
ТЕПЛООБМІНУ»**

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

15-144-2024 А

1. Загальна інформація

Кафедра: екоенергетики, термодинаміки та прикладної екології

Викладач: **Косой Борис Володимирович**, професор кафедри екоенергетики, термодинаміки та прикладної екології, професор, доктор технічних наук.

Контакти:

тел: 048-7232220

e-mail: bkosoy@yahoo.com

[Профайл](#)



Освітній компонент викладається на 2 курсі у 4 семестрі

Кількість: кредитів – 4, годин – 120

	всього	Лекції	практичні
денна	60	30	30
заочна	24	8	16
Самостійна робота, годин	Денна - 60		Заочна – 96

[Розклад занять](#)

2. Анотація освітнього компоненту

Освітній компонент (ОК) «СУЧАСНІ МЕТОДИ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ ТЕПЛООБМІНУ» тісно пов'язан з технікою і технологіями. Для промислових підприємств одним із основних завдань є підвищення ефективності роботи теплообмінників. Вирішити цю проблему можливо із застосуванням методів, які б сприяли інтенсифікації теплообміну в теплообмінному устаткуванні. Зміст дисципліни охоплює коло питань, пов'язаних з ефективними засобами інтенсифікації теплообміну: використання турбулентного режиму перебігу теплоносіїв; зменшення діаметра каналів; тісні пучки труб; підвищення швидкості перебігу середовищ; ребра поверхні теплообміну; застосування турбулізаторів потоків теплоносіїв; використання шорстких поверхонь теплообміну; закручування потоків теплоносіїв; нахил трубного пучка при конденсації пари на трубах; плівковий перебіг середовища поверхнею теплообміну; використання криволінійних каналів; застосування пористого покриття; будову поперечних перегородок у трубному пучку. Курс «Сучасні методи інтенсифікації теплообміну» спрямований на підготовку наукового працівника, здатного вирішувати технічні та наукові питання та завдання, які пов'язані з процесами інтенсифікації теплообміну у сучасному теплообмінному устаткуванні

Освітній компонент «СУЧАСНІ МЕТОДИ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ ТЕПЛООБМІНУ» базується на знаннях, отриманих здобувачем в результаті вивчення освітніх компонент «Тепломасообмін», «Технічна термодинаміка», «Гідрогазодинаміка», «Теплоносії та тепломасообмінні апарати», «Основи наукових досліджень та планування експерименту», «Системи терморегулювання та термостабілізації», «Спеціальні розділи тепломасообміну».

3. Мета освітнього компоненту

Метою викладання дисципліни «Сучасні методи інтенсифікації теплообміну» є вивчення процесів теплообміну в теплообмінних апаратах енергетичних установок з урахуванням можливості його інтенсифікації, ознайомлення здобувачів із сучасними методами інтенсифікації теплообміну. Удосконалення підготовки здобувачів у питаннях дослідження, оптимізації та моделювання інтенсифікації теплообміну.

4. Компетентності та програмні результати навчання

У результаті вивчення освітнього компоненту «СУЧАСНІ МЕТОДИ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ ТЕПЛООБМІНУ» здобувач вищої освіти отримує наступні програмні компетентності та програмні результати навчання, які визначені в [Стандарті вищої освіти зі спеціальності 144 Теплоенергетика](#) та [освітньо-науковій 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. СПОСОБИ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ ТЕПЛООБМІНУ.			
1	Використання теплообміну и теплообмінних апаратів в теплоенергетиці. Існуючі методи інтенсифікації теплообміну, їхня фізична природа та класифікація.	3	1
2	Способи інтенсифікації теплообміну при русі рідин в каналах. Інтенсифікація конвективного теплообміну при зміні швидкості потоку. Інтенсифікація конвективного теплообміну при зміні термічного опору.	3	-
3	Інтенсифікація тепловіддачі в каналах з турбулізаторами. Інтенсифікація теплообміну за рахунок закрутки потоку. Інтенсифікація теплообміну в кільцевих каналах.	3	1
4	Інтенсифікація теплообміну за рахунок зміни рельєфу поверхонь. Дискретно-шорсткі канали при турбулентному русі теплоносія. Інтенсифікація конвективного теплообміну за рахунок обрешення і ошиповки поверхні теплообміну.	3	-
5	Інтенсифікація теплообміну в середовищах зі зміною агрегатного стану. Інтенсифікація теплообміну при кипінні та конденсації. Інтенсифікація променистого теплообміну.	3	1
Змістовний модуль 2. ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ТЕПЛООБМІНУ В ТЕПЛООБМІННИХ АПАРАТАХ			
1	Інтенсифікація теплообміну застосуванням пластинчастої гофрованої поверхні теплообміну. Інтенсифікація теплообміну при використанні пластинчатих теплообмінників. Розбірні, нерозбірні та напіврозбірні пластинчаті теплообмінники	3	1
2	Інтенсифікація теплообміну при використанні теплообмінників з ребристими поверхнями при течії однофазних та двофазних потоків. Подовжні ребра. Пучки обрешованих труб.	3	1
3	Режими течії та теплообмін у спіральних трубах. Спіральні теплообмінники.	3	1
4	Інтенсифікація теплообміну при використанні пористих покриттів. Теплогідрравлічні характеристики пористих теплообмінних апаратів на основі високопористого проникного пористого матеріалу. Принцип роботи теплової труби. Класифікація теплових труб.	3	1
5	Інтенсифікація процесу теплопередачі в теплообмінному апараті типу «труба в трубі» за зміни схеми руху теплоносіїв. Аналіз ефективності процесу теплопередачі та оптимізація теплообмінників типу «труба в трубі»	3	1
Разом за ОК:		30	8

5.2 Перелік практичних

№ з/п	Назва практичної роботи	Кількість годин	
		денна	заочна

1	Розрахунок теплообмінника зі зміною рельєфу поверхонь.	6	2
2	Розрахунок інтенсифікація конвективного теплообміну за рахунок обребрення і ошиповки поверхні теплообміну.	6	4
3	Розрахунок коефіцієнта тепловіддачі при плавленні та кристалізації.	6	4
4	Розрахунок інтенсифікація теплообміну при використанні теплообмінників з ребристими поверхнями при течії однофазних та двофазних потоків.	6	2
5	Теплогідравлічний розрахунок пористих теплообмінних апаратів на основі високопористого проникного пористого матеріалу. Розрахунок теплової труби..	6	4
Всього за ОК:		30	16

5.3 Перелік завдань до самостійної роботи

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		Денна	заочна
1.	Опрацювання лекційного матеріалу	10	20
1.1	Фізичні основи процесів тепломасообміну.	4	5
1.2	Огляд методів інтенсифікації теплообміну	2	5
1.3	Концепція енергетичної ефективності.	2	5
1.4	Розвинені (ребрані) поверхні теплообміну	2	5
2	Опрацювання окремих розділів програми, які не виносяться на лекції	10	30
2.1	Закрутка потоку теплоносія та канали типу конфузоре-дифузоре	3	10
2.2	Дискретно шорсткі канали (ДШК) при турбулентному перебігу теплоносія	3	10
2.3	Пористі вставки	4	10
3	Виконання індивідуальних навчально-дослідних завдань	30	36
3.1	Аналіз механізмів інтенсифікації теплообміну	6	7
3.2	Аналіз теплогідравлічної ефективності різних пристінних спіральних закручувачів	6	7
3.3	Інтенсифікація теплообміну при турбулентному перебігу теплоносія у каналі з поперечними кільцевими виступами.	6	7
3.4	Теплова ефективність паро-рідинних та рідино-рідинних теплообмінних апаратів з різними типами пасивних інтенсифікаторів теплообміну	6	7
3.5	Аналіз інтенсифікації теплообміну при додаванні аніонних поверхнево активних речовин до води	6	8
4	Підготовка та складання контрольних заходів	10	10
	Всього	60	96

6. Система оцінювання та вимоги

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

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*	10	8
Самостійна робота*	25	27
Всього за змістовний модуль 1	35	35
Змістовний модуль 2. ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ТЕПЛООБМІНУ В ТЕПЛООБМІННИХ АПАРАТАХ		
Лекційний курс*	-	-
Практичні роботи*	10	10
Самостійна робота*	25	25
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 умінями 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, умінями й навичками, науковими термінами, демонструє низький рівень комунікативної культури	незадовільно

Практичні роботи (денна та заочна форма навчання)

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

Самостійна робота (в рамках одного модуля, денна та заочна форма навчання)

21-25 балів	25-27 балів	Самостійна робота відпрацьована та вчасно захищена, надані повні обґрунтовані відповіді	відмінно
--------------------	--------------------	---	----------

17-20 <i>балів</i>	20-24 <i>бали</i>	Самостійна робота відпрацьована та вчасно захищена, при відповіді допущені неточності	дуже добре
13-16 <i>бали</i>	15-19 <i>балів</i>	Самостійна робота відпрацьована, відповіді неповні, допущені помилки	добре
9-12 <i>балів</i>	10-14 <i>балів</i>	Самостійна робота відпрацьована, відповіді незадовільні, допущені грубі помилки	достатньо
0-8 <i>балів</i>	0-9 <i>балів</i>	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

Лабораторні заняття: виконання лабораторних дослідів з наступних захистом результатів досліджень.

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

8.Інформаційні ресурси

Базові (основні):

1. Kosoy, Boris and Morozyuk, Larisa and Psarov, Sergii and Kukoliev, Artem, Synthesis of Scheme-Cycle Designs of Absorption Water-Ammonia Thermotransformers with Extended Degazation Zone (August 31, 2021). Eastern-European Journal of Enterprise Technologies 2021, 4(8(112)), 23–33. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.238203>
2. Synthesis of scheme-cycle design of absorption water-ammonia thermotransformers with extended degassing zone / B.Kosoy, L. Morozyuk, S. Psarov, A. Kukolev. // Kukolev // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2021. – №4. – С. 23–33.
3. 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.
4. Бошкова, І. Л. Теплоносії та тепломасообмінні апарати [Текст] : навч. посіб. для проведення практ. та самост. занять 144 "Теплоенергетика", 141 "Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка" / І. Л. Бошкова, К. В. Георгієш ; Одес. нац. акад. харч. технологій. — Одеса : ФОП Бондаренко М.О., 2021. — 118 с.
<https://elc.library.ontu.edu.ua/library-w/DocumentDescription?docid=OdONAHТ.1692300>
5. Косой, Б. В. Аналіз ефективності роботи охолоджувача повітря з дисперсним проміжним теплоносієм [Текст] / Б. В. Косой, А. В. Арику // Холодильна техніка та технологія : наук.-виробн. журн. — 2022. — Т. 58, № 4. — С. 176-183. <https://elc.library.ontu.edu.ua/library-w/DocumentDescription?docid=OdONAHТ.2144897>

Додаткові:

1. Косой, Б. В. Науково-технічні основи інтенсифікації теплообміну у мікроструктурованих елементах систем терморегулювання [Текст] : автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.14.06-технічна теплофізика та промислова теплоенергетика : захищена 05.03.14 / Б. В. Косой ; МОН України, Одеська нац. акад. харчових технологій. — Одеса : ОНАХТ, 2015. — 38 с.
<https://elc.library.ontu.edu.ua/library-w/DocumentDescription?docid=OdOAH.BibRecord.41323>
2. Алексеїк, Є. С. Вплив витрати холодного теплоносія на теплопередавальні характеристики пульсаційної теплової труби для теплообмінного апарата [Текст] / Є. С. Алексеїк, В. Ю. Кравець // Наукові праці : наук.-виробн. вид. — 2022. — Т. 86, № 1. — С. 63-68.
<https://elc.library.ontu.edu.ua/library-w/DocumentDescription?docid=OdONAHТ.2158421>
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.
<https://elc.library.ontu.edu.ua/library-w/DocumentDescription?docid=OdOAH.BibRecord.43804>
4. Збірник задач по тепломасообмінним апаратам [Текст] : навч. посіб. / В. О. Календер'ян, І. Л. Бошкова ; Одеська державна академія холоду. — Одеса : ОДАХ, 2010. — 170 с.
<https://elc.library.ontu.edu.ua/library-w/DocumentDescription?docid=OdOAH.BibRecord.43808>
5. 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.
<https://elc.library.ontu.edu.ua/library-w/DocumentDescription?docid=OdOAH.BibRecord.53539>

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/

Борис КОСОЙ

Розглянуто та затверджено на засіданні кафедри ЕТПЕ

Протокол від 14. 03. 2024 р. № 7

Завідувач кафедри

/ПІДПИСАНО/

Юрій СЕМЕНЮК

ПОГОДЖЕНО:

Гарант ОП *ТЕХНІЧНА ТЕПЛОФІЗИКА ТА ПРОМИСЛОВА ТЕПЛОЕНЕРГЕТИКА*

професор кафедри ЕТПЕ

/ПІДПИСАНО/

Борис КОСОЙ