

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Одеський національний технологічний університет

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Візуалізація теплових та гідравлічних процесів

Назва дисципліни

Вибіркова 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): 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 практичних робіт.....	6
2.3	Перелік завдань до самостійної роботи.....	7
3	Критерії оцінювання результатів навчання.....	9
4	Інформаційне забезпечення.....	11

Пояснювальна записка

1.1. Мета та завдання навчальної дисципліни

Метою викладання дисципліни «Візуалізація теплових та гідравлічних процесів» є представлення здобувачам перспектив розвитку концепцій та методів візуального подання гідродинамічних та теплових процесів на підставі експериментальних досліджень та за використання сучасних програмних комплексів для формування знань в області вивчення фізичних явищ перенесення.

В результаті вивчення курсу «Візуалізація теплових та гідравлічних процесів» студенти повинні

знати: існуючі експериментальні та комп'ютерні методи візуалізації течії рідини та газу; методи візуалізації температурних полів та теплових потоків, моделювання процесів охолодження; сучасну експериментальну техніку для проведення окремих досліджень з можливістю візуалізації;

вміти: вибирати та застосовувати раціональні методи візуалізації процесів теплової та гідравлічної природи, аналізувати результати досліджень та зіставляти їх з фізичним процесом, узагальнювати отримані дані та представляти наукові висновки.

1.2. Компетентності, які може отримати здобувач вищої освіти

У результаті вивчення навчальної дисципліни «Візуалізація теплових та гідравлічних процесів» 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*.

Загальні компетентності:

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

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 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.

СК04. Здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми дослідницького характеру у сфері теплоенергетики, оцінювати та забезпечувати якість виконуваних досліджень.

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 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 7. Застосовувати сучасні інструменти і технології пошуку, оброблення та аналізу інформації, зокрема, статистичні методи аналізу даних великого обсягу та/або складної структури, спеціалізовані бази даних та інформаційні системи.

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 1 курсі у 2 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		170	

2. Зміст навчальної дисципліни

2.1. Програма змістовних модулів

Змістовий модуль 1: Комп'ютерна симуляція теплових та гідравлічних процесів

№ теми	Зміст теми	Кількість годин	
		денна	заочна
1	Огляд програмного забезпечення для комп'ютерної візуалізації температурних полів та гідродинамічних потоків	2	1
2	Ansys як універсальна програмна система аналізу та рішення лінійних і нелінійних, стаціонарних та нестаціонарних просторових задач різної природи.	2	1
3	Можливості програмного комплексу Comsol	2	
4	Моделювання процесу передачі теплової енергії на прикладі конвекції в середовищі FLOWVISION	2	1
5	Взаємодія чисельної та експериментальної візуалізації потоків	2	

Змістовий модуль 2: Експериментальні прийоми візуалізації теплових та гідравлічних процесів

№	Зміст теми	Кількість годин
---	------------	-----------------

теми		денна	заочна
1	Класифікація завдань експериментального дослідження теплогідравлічних процесів за впливом зовнішніх динамічних сил	2	1
2	Відомості про гідравлічні дослідження та методи візуалізації течії	2	1
3	Основні методи дослідження характеристик потоку на гідравлічних установках та стендах	2	
4	Методи візуалізації гідродинаміки та нестационарного теплообміну у зернистих	2	1
5	Експериментальні установки та апаратура для візуалізації теплових та гідравлічних потоків	2	
	<i>Разом з дисципліни</i>	20	6

2.2. Перелік практичних робіт

№ з/п	Назва практичної роботи	Кількість годин	
		денна	заочна
1	Огляд бібліотеки додатків та нових навчальних моделей COMSOL Multiphysics® 6.1	2	2
2	Аналіз турбулентності методом від'єднаних вихорів у COMSOL Multiphysics	2	
3	Моделювання конвективного теплообміну в COMSOL Multiphysics	2	
4	Моделювання мікрохвильового нагріву в COMSOL Multiphysics	2	2
5	Основи теплового аналізу в COMSOL Multiphysics	2	
	Всього	10	

2.3. Перелік завдань до самостійної роботи

№ п/п	Назва теми	Кількість годин	
		денна	заочна
1	Опрацювання лекційного матеріалу	20	30
1.1	Ansys як універсальна програмна система аналізу та рішення лінійних і нелінійних, стаціонарних та нестаціонарних просторових задач різної природи.	4	6
1.2	Можливості програмного комплексу Comsol	4	6
1.3	Моделювання процесу передачі теплової енергії на прикладі конвекції в середовищі FLOWVISION	4	6
1.4	Методи візуалізації гідродинаміки та нестаціонарного теплообміну у зернистих	4	6
1.5	Експериментальні установки та апаратура для візуалізації теплових та гідравлічних потоків	4	6
2	Опрацювання окремих розділів програми, які не виносяться на лекції	90	90
2.1	Моделювання фазових переходів у COMSOL Multiphysics®	10	10
2.2	Дисперсні моделі багатофазних течій у COMSOL Multiphysics®	10	10
2.3	Практичні основи теплового аналізу COMSOL Multiphysics®	10	10
2.4	Нові інструменти моделювання гідродинаміки та теплообміну в COMSOL Multiphysics® 6.1	10	10
2.5	Граничні умови у завданнях теплового аналізу в COMSOL Multiphysics®	10	10
2.6	Функціональні можливості модуля «Теплопередача»	10	10
2.7	Процеси тепломасообміну в зернистих середовищах у різних апаратах енергетики	10	10
2.8	Проблема учета воздействия внешних динамических сил на теплогидравлические процессы	10	10
2.9	Метод трасування для візуалізації руху елементів середовища	10	10
3	Виконання індивідуальних навчально-дослідних завдань	25	35
3.1	Моделювання охолодження електронних пристроїв в COMSOL Multiphysics®	5	7
3.1	Робота програмних комплексів SolidWorks и FlowVison	5	7
3.2	Моделювання у середовищі FlowVision процесу конвективної передачі теплової енергії від нагрітого тіла (батареї) до газу в замкнутому просторі	5	7
3.3	Методи вивчення процесів тепломасообміну в зернистих середовищах при дії мікрохвильового поля	5	7
3.4	Вивчення можливостей візуалізації конвекційних потоків (вода; метод Теплера).	5	7
3.5	Застосування методів візуалізації в оптично неоднорідному середовищі (тіньові, шлірен,	5	7

	інтерференційні методи, голографія)		
4	Підготовка та складання контрольних заходів	15	15
	Всього	150	170

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
Змістовий модуль 1. Комп'ютерна симуляція теплових та гідравлічних процесів								
Робота на лекціях	1	2	10	10	20	3	3	6
Виконання лабораторних робіт								
Виконання практичних робіт	1	2	3	3	6	3	3	6
Опрацювання тем, не винесених на лекції	2,4	2	9	12	18	9	19	38
Підготовка до лабораторних занять								
Підготовка до практичних занять	1	2	3	3	6	3	3	6
Виконання індивідуальних завдань	2	4	2,5	2	10	2,5	2	4
Проміжна сума /повинна бути до 60 балів/				30	60		30	60
Поточний контроль (тестовий)				15	15		15	15
Модульний контроль				15	15		15	15
Оцінка за змістовий модуль 1				60	100		60	100
Змістовий модуль 2. Експериментальні прийоми візуалізації теплових та гідравлічних процесів								
Робота на лекціях	1	2	10	10	20	3	3	6
Виконання лабораторних робіт								
Виконання практичних робіт	1	2	3	3	6	3	3	6

Опрацювання тем, не винесених на лекції	2,4	2	9	12	18	9	19	38
Підготовка до лабораторних занять								
Підготовка до практичних занять	1	2	3	3	6	3	3	6
Виконання індивідуальних завдань	2	4	2,5	2	10	2,5	2	4
Проміжна сума /повинна бути до 60 балів/				30	60		30	60
Поточний контроль (тестовий)				15	15			
Контроль результатів дистанційного модулю				15	15			
Оцінка за змістовий модуль 1				60	100		60	100

4. 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. 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.

Додаткові (за наявності):

1. 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.
2. 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 Україні). Мова: Українська Шифр: 536(075) Авторський знак: П43.