

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Одеський національний технологічний університет

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Теплофізичні властивості складних термодинамічних систем

Вибіркова навчальна дисципліна

Мова навчання – українська

Освітньо-наукова програма Технічна теплофізика та промислова теплоенергетика

Код та найменування спеціальності 144 Теплоенергетика

Шифр та найменування галузі знань 14 Електрична інженерія

Ступінь вищої освіти Доктор філософії

Розглянуто, схвалено та затверджено
Методичною радою університету

РОЗРОБЛЕНО ТА ЗАБЕЗПЕЧУЄТЬСЯ: кафедрою екоенергетики, термодинаміки та прикладної екології Одеського національного технологічного університету

РОЗРОБНИКИ: професор кафедри ЕТтаПЕ, д.т.н., професор, Желєзний В.П.
ст.викладач кафедри ЕТтаПЕ, к.т.н., Івченко Д.О.

Розглянуто та схвалено на засіданні кафедри екоенергетики, термодинаміки та прикладної екології

Протокол від «09» серпня 2022 р. № 1

Завідувач кафедри ПІДПИСАНО Юрій СЕМЕНЮК

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

Голова ради ПІДПИСАНО Олександр ТІТЛОВ

Гарант освітньої програми ПІДПИСАНО Борис КОСОЙ

Розглянуто та схвалено Методичною радою університету

Протокол від «22» вересня 2022 р. № 1

Секретар Методичної ради університету ПІДПИСАНО Валерій МУРАХОВСЬКИЙ

ЗМІСТ

1	Пояснювальна записка.....	4
1.1	Мета та завдання навчальної дисципліни	4
1.2	Компетентності, які може отримати здобувач вищої освіти.....	5
1.3	Міждисциплінарні зв'язки.....	6
1.4	Обсяг навчальної дисципліни в кредитах ЄКТС.....	6
2	Зміст дисципліни:.....	7
2.1	Програма змістових модулів.....	7
2.2	Перелік практичних робіт.....	7
2.3	Перелік завдань до самостійної роботи.....	8
3	Критерії оцінювання результатів навчання.....	8
4	Інформаційне забезпечення.....	9

1. Пояснювальна записка

1.1. Мета та завдання навчальної дисципліни

Метою викладання навчальної дисципліни «Теплофізичні властивості складних термодинамічних систем» є: вивчення експериментальних та розрахункових методів визначення теплофізичних властивостей складних термодинамічних систем, а саме – теоретичних засад цих методів та практичних способів і засобів їхньої реалізації.

Основними завданнями вивчення дисципліни «Теплофізичні властивості складних термодинамічних систем» є :

- підготовка аспірантів до наукової діяльності експериментального та розрахункового характеру;
- прищеплення навичок самостійного розв'язання задач з вивчення теплофізичних властивостей складних термодинамічних систем.

У результаті вивчення курсу «Теплофізичні властивості складних термодинамічних систем» аспіранти повинні:

знати :

- методологічні основи і світоглядну спрямованість дисципліни;
- експериментальні та розрахункові методи дослідження теплофізичних властивостей речовин;
- вимірювальну техніку;
- способи обробки отриманої емпіричної інформації;
- методи прогнозування теплофізичних властивостей складних термодинамічних систем.

вміти :

- проектувати експериментальні установки для дослідження теплофізичних властивостей складних термодинамічних систем;
- проводити експериментальні дослідження теплофізичних властивостей речовин;
- застосовувати сучасні технічні засоби виміру основних теплофізичних параметрів;
- використовувати сучасні методи статистичного аналізу результатів дослідження;
- використовувати сучасні методи та комп'ютерні засоби при обробці дослідних даних;
- виконувати розрахунки теплофізичних властивостей складних термодинамічних систем.

1.2. Компетентності, які може отримати здобувач вищої освіти

У результаті вивчення навчальної дисципліни «Теплофізичні властивості складних термодинамічних систем» 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»](#) підготовки докторів філософії.

Загальні компетентності:

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.

ЗК01. 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:

СК01. Здатність виконувати оригінальні дослідження, досягати наукові результати, які створюють нові знання у сфері теплоенергетики та дотичних до неї міждисциплінарних напрямках.

СК02. Здатність усно і письмово презентувати та обговорювати результати наукових досліджень та/або інноваційних розробок українською та англійською мовами, глибоке розуміння англійських наукових текстів за напрямом досліджень з теплоенергетики.

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

СК05. Здатність ініціювати, розробляти і реалізовувати комплексні інноваційні проекти в теплоенергетиці та дотичні до неї міждисциплінарні проекти, лідерство під час їх реалізації.

Програмні результати навчання:

РН02. Вільно презентувати та обговорювати з фахівцями і нефахівцями результати досліджень, наукові та прикладні проблеми теплоенергетики державною та іноземною мовами, кваліфіковано відображати результати досліджень у наукових публікаціях у провідних міжнародних наукових виданнях.

РН03. 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.

РН04. 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.

РН05. 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.

РН06. 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.

РН08. Створювати методичне забезпечення, організовувати та проводити викладання професійно-орієнтованих дисциплін теплоенергетики на рівні, що відповідає вимогам вищої школи.

1.3. Міждисциплінарні зв'язки

Попередні – «Фізика», «Хімія», «Технічні засоби теплотехнічного експерименту», «Матеріалознавство та технологія матеріалів», «Технічна термодинаміка», «Основи метрології та електричні вимірювання», «Теоретичні основи електротехніки», «Електротехніка та основи електроніки», «Теплотехнічні вимірювання та прилади», «Акумуляція енергії», «Системи перетворення теплової енергії», «Тепломасообмін», «Експериментальна теплофізика», «Спеціальні розділи тепломасообміну», «Теплофізичні властивості складних термодинамічних систем», «Методологія та організація наукових досліджень», «Нанотехнології в енергетиці».

1.4. Обсяг навчальної дисципліни в кредитах ЄКТС

Навчальна дисципліна викладається на 2 курсі у 2 семестрі для студентів денної та зочної форм 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: Основні поняття і термінологія. Особливості при експериментальному дослідженні теплофізичних властивостей складних термодинамічних систем

№ теми	Зміст теми	Кількість годин	
		денна	заочна
1.	<i>Методичні особливості дослідження теплофізичних властивостей складних термодинамічних систем</i>	4	2
2.	<i>Методичні особливості при експериментальному дослідженні теплофізичних властивостей складних термодинамічних систем</i>	6	2

Змістовий модуль 2: Методи моделювання теплофізичних властивостей складних термодинамічних систем

№ теми	Зміст теми	Кількість годин	
		денна	заочна
3.	<i>Моделювання теплофізичних властивостей складних термодинамічних систем</i>	10	2
	Всього	20	6

2.2. Перелік практичних робіт

№ з/п	Назва практичної роботи	Кількість годин	
		денна	заочна
1.	<i>Технічно важливі речовини і матеріали в промисловості і характерні особливості вивчення «складних термодинамічних систем» (СТС). Характеристичні параметри чистих речовин і технічно важливих рідин. Наведені параметри, закон відповідних станів і визначають критерії подібності, концентрації і складу СТС. Особливості експериментального дослідження теплофізичних властивостей і фазових рівноваг СТС. Проблеми розрахункових методи визначення теплофізичних властивостей СТС. Трифазна модель розчину</i>	2	2
2.	<i>Термічна стабільність зразків. Вплив домішок і супутніх речовин на теплофізичні властивості об'єктів дослідження. Облік шумових ефектів при дослідженні теплофізичних властивостей речовин (фазових рівноваг, критичних (псевдокритичних) параметрів, в'язкості, теплопровідності, поверхневого натягу). Методи визначення ефективної молекулярної маси СТС. Методи визначення складу СТС. Нанофлюїди і способи їх приготування. Методи визначення гідродинамічного радіуса наночастинок нанофлюїдах. Визначення мольної маси і складу СТС з використанням ебуліоскопічні, криоскопічні методів і мольної рефракції.</i>	2	-

3.	<i>Структурно адитивні методи розрахунку ТВР. Теорія термодинамічної подібності, критерії подібності, наведені змінні. Емпіричні кореляції їх достоїнства і недоліки.</i>	2	2
4.	<i>Застосування малоконстантних рівнянь стану для прогнозування теплофізичних властивостей речовин. Принципи скейлінгу для прогнозування властивостей СТС.</i>	2	-
5.	<i>Моделювання властивостей розчинів холодоагент/мастило. Моделювання властивостей фракцій нафти. Моделювання властивостей газових конденсатів. Основи градієнтної теорії. Проблеми моделювання властивостей нанофлюїдів.</i>	2	-
Всього		10	4

2.3. Перелік завдань до самостійної роботи

№ п/п	Назва теми	Кількість годин	
		денна	заочна
1.	<i>Опрацювання лекційного матеріалу</i>	20	10
2.	<i>Підготовка до практичних робіт</i>	40	20
3	<i>Опрацювання окремих розділів програми, які не виносяться на лекції</i>	40	60
4	<i>Виконання індивідуальних навчально-дослідних завдань</i>	50	80
Всього		150	170

3. Критерії оцінювання результатів навчання

Види контролю: поточний, підсумковий – *диф.залик*.

Нарахування балів за виконання змістового модуля

Вид роботи, що підлягає контролю	Оцінні бали		Форма навчання					
			денна			заочна		
	min	max	Кільк. робіт, од-ць	Сумарні бали		Кільк. робіт, од-ць	Сумарні бали	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Змістовий модуль 1: Основні поняття і термінологія. Особливості при експериментальному дослідженні теплофізичних властивостей складних термодинамічних систем								
Робота на лекціях	4	6	3	12	18	2	8	12
Виконання практичних робіт	8	12	2	16	24	1	8	12
Опрацювання тем, не винесених на лекції	2.4	3.6	5	12	18	7	16.8	25.2
Виконання індивідуальних завдань	7.2	10.8	-	-	-	1	7.2	10.8
Проміжна сума				40	60		40	60
Модульний контроль у поточному семестрі	20	40	1	20	40	1	20	40
Оцінка за змістовий модуль 1			-	60	100	-	-	-

Вид роботи, що підлягає контролю	Оцінні бали		Форма навчання					
			денна			заочна		
	min	max	Кільк. робіт, од-ць	Сумарні бали		Кільк. робіт, од-ць	Сумарні бали	
min				max	min		max	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Змістовий модуль 2: Методи моделювання теплофізичних властивостей складних термодинамічних систем								
Робота на лекціях	4	6	3	12	18	1	4	6
Виконання практичних робіт	8	12	3	16	24	2	16	24
Опрацювання тем, не винесених на лекції	2	3	6	12	18	2	4	6
Виконання індивідуальних завдань	16	24	-	-	-	1	16	24
Проміжна сума				40	60		40	60
Модульний контроль у поточному семестрі	20	40	1	20	40	1	20	40
Оцінка за змістовий модуль 2				60	100	-	60	100
Разом з дисципліни			60...100			60...100		

4. Інформаційні ресурси

Базові (основні):

1. Вимірювання маси, густини, в'язкості / Под ред Ю.В. Тарбеєва.- М.: Изд-во стандартів, 1988.- 176 з.
2. Кирилін В.А., Сичов В.І., Шейндлін А.Є. Технічна термодинаміка. - М: Енергія, 1976. - 469 с.
3. Кирилін В.А., Шейндлін А.Є. Вивчення термодинамічних властивостей речовин. - М.: Держенерговидав, 1963. - 559 с.
4. Морс Ф. Теплофізика. - М.: Наука, 1968. - 416 с.
5. Низькотемпературна калориметрія. За ред С.А.Улыбіна.- М.: Мир, 1971.- 263 з.
6. Попов М.М. Термометрія і калориметрія.- М.: Изд-во МДУ, 1954. - 943 з.
7. Зубарев В.М., Александров А.А., Охотін В.С. Практикум з технічної термодинаміки Навч. посібник для вузів. - 3-тє вид., перероб. - М.: Вища школа, 1986. - 304 с.
8. Теорія та техніка теплофізичного експерименту. Учеб. посібник для вузів / Под ред. В.К.Щукіна.- М.: Вища школа, 1985.- 360 с.
9. Хала Еге., Пік П., Фрід У., Вилим Про. Рівновага між рідиною і паром.- М.: ІЛ, 1962. - 437 з.
10. Хеммінгер В., Хене Г. Калориметрія: теорія та практика. - М: Хімія, 1989. - 176 с.
11. Цикліс Д.С. Фізико-хімічні дослідження при високих та надвисоких тисках. - М: Хімія, 1976. - 431 с.
12. Шпільрайн Е.Е., Кессельман П.М. Основи теорії теплофізичних властивостей речовин. - М: Енергія, 1977. - 247 с.
13. Желєзний В.П., Семенюк Ю.В. Експериментальна теплофізика.

Методи дослідження термодинамічних властивостей речовин: Навчальний посібник. – Одеса: Видавництво ОДАХ, 2008. –189 с.

14. Голубев І.Ф., Агаєв Н. В'язкість граничних вуглеводнів, 1964.

15. Голубев І.Ф., Гнезділов Н.Є. В'язкість газових сумішей. - М.: Вид-во стандартів, 1971. - 326 с.

Допоміжна

1. Адам Н.К. Фізика та хімія поверхонь. - М.: ОГІЗ, 1974. - 552 с.

2. Адамсон А. Фізична хімія поверхонь. - М.: Світ, 1979.

3. Іоффе Б.В. Рефрактометричні методи хімії. - Л.: Держхіміздат, 1960. - 382 с.

4. Сергєєв О.А. Метрологічні засади теплофізичних вимірів. - М: Вид-во стандартів, 1972. - 154 с.

5. Фізика найпростіших рідин. Експериментальні дослідження. За ред. О.З. Голика. - М: Мир, 1973. - 400 с.

6. Шенк Х. Теорія інженерного експерименту. - М.: Світ, 1972. - 381 с.

7. Груздєв В.А., Шумська А.І. Експериментальне дослідження ізобарної теплоємності парів фреонів: Ф-12, Ф-11, Ф-13, Ф-21, Ф-22, Ф-23. // Зб. ДССДД №8. – С. 108-114.

8. Геллер В.З. Дослідження теплофізичних властивостей Ф-113. // Зб. ДССДД № 7. - С. 135-155.