

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

**Одеський національний технологічний університет**

**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

**Технічні засоби теплотехнічного експерименту**

Обов'язкова навчальна дисципліна

Мова навчання – українська

Освітньо-професійна програма Енергетичний інжиніринг та енергоаудит

Код та найменування спеціальності 144 Теплоенергетика

Шифр та найменування галузі знань 14 Електрична інженерія

Ступінь вищої освіти бакалавр

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, Железний В.П. професор кафедри ЕТтаПЕ, д.т.н., професор, Семенюк Ю.В. 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.....	4
1.3	Міждисциплінарні зв'язки.....	6
1.4	Обсяг навчальної дисципліни в кредитах ЄКТС.....	7
2	Зміст дисципліни:.....	7
2.1	Програма змістових модулів.....	7
2.2	Перелік лабораторних робіт.....	9
2.3	Перелік завдань до самостійної роботи.....	10
3	Критерії оцінювання результатів навчання.....	10
4	Інформаційне забезпечення.....	11

## 1. Пояснювальна записка

### 1.1. Мета та завдання навчальної дисципліни

Метою викладання навчальної дисципліни «Технічні засоби теплотехнічного експерименту» є надання студентам знань необхідних до науково-дослідної діяльності експериментального характеру, що дозволяє прищепити навички самостійного вирішення конкретних задач при конструюванні експериментальних установок для безпосереднього використання в тематиці практик, курсових і дипломних проектів.

Основними завданнями вивчення дисципліни «Технічні засоби теплотехнічного експерименту» є підготовка студентів до наукової діяльності експериментального характеру, прищеплення навичок самостійного розв'язання конкретних завдань пов'язаних з розробкою і створенням експериментального обладнання призначеного для вивчення теплофізичних властивостей речовин або дослідження процесів теплообміну. Отримані знання необхідні для безпосереднього використання в НДРС, курсовому й дипломному проектуванні.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен

#### **знати:**

- методологічні основи і світоглядну спрямованість дисципліни;
- будову та принцип дії лабораторного обладнання і приладів, що використовуються в теплофізичному експерименті;
- будову та принцип дії технічних засобів, що застосовуються в експериментальному обладнанні;
- методи проектних розрахунків вузлів та систем експериментального обладнання;

#### **вміти:**

- використовувати сучасне обладнання і вимірювальну техніку в практиці теплофізичного експерименту;
- проектувати окремі вузли і системи експериментальних установок для дослідження теплофізичних властивостей речовин;
- виготовляти і градувати термопари та термометри опору;
- здійснювати випробування вакуумних систем і систем високого тиску та вживати заходів щодо усунення їх несправностей.

### 1.2. Компетентності, які може отримати здобувач вищої освіти

У результаті вивчення навчальної дисципліни «Технічні засоби теплотехнічного експерименту» здобувач вищої освіти отримує наступні програмні компетентності та програмні результати навчання, які визначені в [Стандарті вищої освіти зі спеціальності 144 Теплоенергетика](#) та [освітньо-професійній програмі «Енергетичний інжиніринг та енергоаудит»](#) підготовки бакалаврів.

*Загальні компетентності:*

ЗК-1. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.

ЗК-3. Вміння виявляти, ставити та вирішувати проблеми.

ЗК-4. Здатність спілкуватися з представниками інших професійних груп різного рівня (з експертами з інших галузей знань/видів економічної діяльності)

ЗК-5. Здатність діяти соціально відповідально та свідомо.

ЗК-6. Здатність виявляти ініціативу та підприємливість.

ЗК-7. Визначеність і наполегливість щодо поставлених завдань і взятих обов'язків.

*Спеціальні (фахові, предметні) компетентності:*

СК-1. Здатність застосовувати та удосконалювати математичні та комп'ютерні моделі, наукові і технічні методи та сучасне комп'ютерне програмне забезпечення для розв'язання складних інженерних задач в теплоенергетиці.

СК-2. Здатність аналізувати та комплексно інтегрувати сучасні знання з природничих, інженерних, суспільно-економічних та інших наук для розв'язання складних задач і проблем теплоенергетики.

СК-3. Здатність застосовувати релевантні математичні методи для розв'язання складних задач в теплоенергетиці.

СК-4. Здатність управляти робочими процесами та приймати ефективні рішення у сфері теплоенергетики, беручи до уваги соціальні, економічні, комерційні, правові, та екологічні аспекти.

СК-5. Здатність розробляти, реалізовувати, впроваджувати і супроводжувати проекти з урахуванням всіх аспектів проблеми, яка вирішується, включаючи стали проектування, виробництва, експлуатації, технічного обслуговування та утилізації теплоенергетичного обладнання.

СК-6. Здатність приймати рішення щодо матеріалів, обладнання, процесів в теплоенергетиці з урахуванням їх властивостей характеристик.

СК-7. Здатність здійснювати інноваційну діяльність в теплоенергетиці.

СК-9. Здатність оцінювати небезпеки при виконанні робіт у галузі теплоенергетики, оцінювати надійність роботи обладнання та систем.

СК-11. Здатність застосовувати методи планування експериментальних досліджень, проводити їх за допомогою обчислювальної техніки, оцінювати адекватність результатів досліджень.

СК-12. Здатність планування інноваційної діяльності з метою розвитку нових знань та процедур.

СК-13. Здатність критичного осмислення проблем у галузі та на межі галузей знань.

*Програмні результати навчання:*

ТРН-1. Аналізувати, застосовувати та створювати складні інженерні технології, процеси, системи і обладнання відповідно до обраного напрямку теплоенергетики.

ТРН-2. Аналізувати і обирати ефективні аналітичні, розрахункові та експериментальні методи розв'язання складних задач теплоенергетики.

ПРН-3. Розробляти і реалізовувати проекти у сфері теплосенергетики з урахуванням цілей, прогнозів, обмежень та ризиків і беручи до уваги технологічні, законодавчі, соціальні, економічні, екологічні та інші аспекти.

ПРН-4. Відшукувати необхідну інформацію з різних джерел оцінювати, обробляти та аналізувати цю інформацію.

ПРН-5. Розробляти і досліджувати фізичні, математичні і комп'ютерні моделі об'єктів та процесів теплоенергетики, перевіряти адекватність моделей, порівнювати результати моделювання з іншими даними та оцінювати їх точність і надійність.

ПРН-6. Приймати ефективні рішення, використовуючи сучасні методи та інструменти порівняння альтернатив, оцінювання ризиків та прогнозування.

ПРН-7. Зіяти, розуміти і застосовувати у практичній діяльності ключові концепції, сучасні знання та кращі практики в теплоенергетичній галузі, технології виробництва, передачі, розподілу і використання енергії.

ПРН-8. Обґрунтовувати вибір та застосовування матеріалів, обладнання та інструментів, інженерних технологій і процесів з урахуванням їх характеристик і властивостей, вимог до кінцевого продукту, а також нетехнічних аспектів.

ПРН-14. Планувати і реалізовувати заходи з підвищення енергоефективності теплоенергетичних об'єктів і систем з урахуванням наявних обмежень, включаючи ті, що пов'язані з проблемами охорони природи, сталого розвитку, здоров'я і безпеки та оцінками ризиків в теплоенергетиці, оцінювати ефективність таких заходів.

ПРН-15. Розуміння професійних і етичних стандартів діяльності, застосування їх під час діяльності у сфері теплоенергетики.

ПРН-16. Аналізувати і оцінювати проблеми тепле знергетики, пов'язані із розвитком нових технологій, науки, суспільства та економіки.

ПРН-18. Аналізувати теплотехнічні процеси та установки з формулюванням обґрунтованих висновків і оцінок, а також застосовувати отримані результати до ситуацій і проблем.

ПРН-19. Розуміння завдань міждисциплінарної інтеграції в напрямку взаємодії науки, техніки, технологій і промислового виробництва.

ПРН-20. Здатність творчого підходу до вирішенні. проблем у нових або незнайомих середовищах за наявності неповної або обмеженої інформації з урахуванням аспектів соціальної та етичної відповідальності.

### **1.3. Міждисциплінарні зв'язки**

Попередні – «Технічні засоби теплотехнічного експерименту» базовими є знання, отримані студентами в курсах таких дисциплін: «Фізика», «Хімія», «Технічна механіка», «Матеріалознавство та технологія матеріалів», «Технічна термодинаміка», «Нарисна геометрія та інженерна графіка», «Метрологія та стандартизація», «Основи електротехніки та електроніки» «Теплотехнічні вимірювання та прилади», «Тепломасообмін».

#### 1.4. Обсяг навчальної дисципліни в кредитах ЄКТС

Навчальна дисципліна викладається на 4 курсах у 1 семестрі для денної форми навчання  
Кількість кредитів ECTS - 3, годин – 90

Аудиторні заняття, годин:	всього	лекції	лабораторні	практичні
денна	30	20	10	-
заочна				
Самостійна робота, годин	Денна – 60		Заочна –	

## 2. Зміст навчальної дисципліни

### 2.1. Програма змістовних модулів

#### Змістовий модуль 1: Вимір температури.

№ тем и	Зміст теми	Кількість годин	
		денна	заочна
1.	<i>Вступ Основні тенденції розвитку нової техніки; інтенсифікація робочих процесів і розширення діапазону параметрів. Зростання ролі експериментальних досліджень властивостей і процесів, інтерпретація результатів фізичного експерименту як гносеологічна проблема. Впровадження електроніки в практику теплофізичних досліджень. Структурна схема експериментальної установки.</i>	2	
2.	<i>Основи вакуумної техніки_ Застосування високого вакууму в практиці теплофізичного експерименту. Властивості газів і пари при низьких тисках, основні поняття. Явища переносу у вакуумі, режими течії газів: в'язкісний (ламінарний), молекулярний і молекулярно-в'язкісний. Фізико-хімічні явища при низьких тисках. Структурна схема вакуумної системи. Відкачка газів у вакуумних системах. Основні поняття: швидкість дії системи, швидкість відкачки, провідність вакуумної системи, газовий потік. Основне рівняння вакуумної техніки. Рівняння процесу відкачки. Методи створення і підтримання вакууму. Типи вакуумних насосів: механічні, паромасляні, дифузійні, струминні, іонні, турбомолекулярні, гетерні. Характеристики насосів. Вибір насосів. Регулювання вакууму. Вакуумні уловлювачі. Арматура. Складання і випробування вакуумних систем. Течешукачі і методи виявлення течі: створення надмірного тиску,</i>	4	

	<i>манометричний, електроіскровий, галоїдні течешукачі, водневий. Вимірювання вакууму. Компресійний манометр Мак-Леода. Теплові та іонізаційні манометри. Нові типи приладів для вимірювання високого вакууму.</i>		
3.	<i>Техніка низькотемпературного експерименту_ Особливості експериментальних досліджень при низьких температурах. Основні наукові і технічні досягнення криогенної техніки. Матеріали, що застосовуються при низьких температурах. Вибір конструкційних прокладочних матеріалів криогенної техніки. Особливості теплоізоляції криогенних установок. Вимоги до ізоляційних матеріалів і конструкцій. Екрано-вакуумна ізоляція. Методи одержання і підтримання низьких температур. Холодильні і криогенні установки. Компресійна холодильна машина: схема, цикл. Каскадна холодильна установка. Розімкнута і замкнута схеми дросельного холодильника. Напівпровідникові мікро-холодильники і охолодження. Кероване охолодження. Лабораторна техніка для одержання і підтримання низьких температур. Сосуди Дьюара, криостати, елементи криостатів. Регулятори тиску. Основи розрахунку систем охолодження, працюючих на рідкому азоті.</i>	4	

**Змістовий модуль 2: Технічні засоби експерименту при високих температурах і високих та надвисоких тисках**

№ тем и	Зміст теми	Кількість годин	
		денна	заочна
4.	<i>Техніка високих температур_ Особливості високотемпературних досліджень. Помірні, високі і надвисокі температури, фізичні засади їх досягнення. Матеріали високотемпературної техніки. Вимоги до конструкційних матеріалів. Характеристики міцності матеріалів при високих температурах. Жаротривкість та жароміцність. Метали, карбіди та окисли, що застосовуються при високих температурах. Кераміка. Вогнетривкі матеріали. Теплоізоляційні та електроізоляційні матеріали, що застосовуються при високих температурах. Високотемпературні теплоносії і дефінільні суміші, рідкі метали. Методи одержання високих температур. Електропечі</i>	5	



	<i>опору. Корундові нагрівачі, силітові печі. Графітові нагрівачі і криптолові печі. Засоби захисту нагрівальних елементів. Водневі печі. Вакуумні вольфрамові і молібденові печі. Безконтактні способи нагріву: індукційні, електронно-променеві печі. Методи одержання надвисоких температур: Дугові печі, плазмотрони.</i>		
5.	<i>Техніка високих і надвисоких тисків Шкала тисків. Особливості експериментальної техніки при високих і надвисоких тисках. Вибір матеріалів і речовин установок високого тиску. Середовища, що передають тиск. Характеристики міцності матеріалів. Особливості поведінки конструкційних матеріалів під тиском, характер напружень і деформації. Типові конструкції апаратів високого тиску й багатошарові посудини. Посудини з механічною і гідравлічною підтримкою. Елементи систем високого тиску. З'єднання фланцеві та ніпельні, ущільнення, арматура. Оглядові вікна та електровводи. Методи створення високих тисків. Лабораторні насоси і компресори, їх будова і експлуатація. Дотискувальні ступені, мультиплікатори. Кувалди, белтапарати, пуансонні та поршневі апарати. Вимірювання високих тисків. Манометри і перетворювачі високих тисків: гідростатичні, поршневі, опору, п'єзоелектричні, ємнісні, тензометричні. Роздільники та нуль-індикатори.</i>	5	
	<b>Разом</b>	<b>20</b>	

## 2.2. Перелік лабораторних робіт

№ з/п	Назва лабораторної роботи	Кількість годин	
		денна	заочна
1	<i>Ознайомлення з вакуумною системою та її випробування</i>	1	
2	<i>Методи виявлення теч у вакуумних системах</i>	1	
3	<i>Градуювання вакуумметрів</i>	1	
4	<i>Виготовлення термопар і термометрів опору</i>	2	
5	<i>Градуювання термопар і термометрів опору</i>	1	
6	<i>Тарування внутрішнього об'єму пікнометра</i>	2	
7	<i>Тарування мембранного нуль-індикатора</i>	2	
	<b>Всього</b>	<b>10</b>	

### 2.3. Перелік завдань до самостійної роботи

№ п/п	Назва теми	Кількість годин	
		денна	заочна
1.	Опрацювання лекційного матеріалу	10	
2.	Підготовка до лабораторних та практичних занять	10	
3	Опрацювання окремих розділів програми, які не виносяться на лекції	20	
4	Виконання індивідуальних навчально-дослідних завдань	20	
	<b>Всього</b>	<b>60</b>	

### 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							
	min	max	Кільк. робіт, од-ць	денна		заочна		Кільк. робіт, од-ць	Сумарні бали	
				min	max	min	max			
1	2	3	4	5	6	7	8	9		
<b>Змістовий модуль 1: Методи дослідження фазових рівноваг чистих речовин і розчинів</b>										
Робота на лекціях	2	3	5	10	15					
Виконання лабораторних робіт	4	5	3	12	15					
Опрацювання тем, не винесених на лекції	1	2	5	5	10					
Підготовка до лабораторних занять	1	2	3	3	6					
Виконання індивідуальних завдань	10	14	1	10	14					
Проміжна сума				40	60					
Модульний контроль у поточному семестрі	20	40	1	20	40					
Оцінка за змістовий модуль 1	–	–	–	60	100					
<b>Змістовий модуль 2: Вимір тиску витрати, рівня, складу і властивостей речовин.</b>										
Робота на лекціях	2	3	5	10	15					
Виконання лабораторних робіт	4	5	3	12	15					
Опрацювання тем, не винесених на лекції	1	2	5	5	10					
Підготовка до лабораторних занять	1	2	3	3	6					
Виконання індивідуальних завдань	10	14	1	10	14					
Проміжна сума				40	60					

Модульний контроль у поточному семестрі	20	40	1	20	40			
Оцінка за змістовий модуль 2	–	–	–	60	100			
Разом з дисципліни			60...100					

#### 4. Інформаційні ресурси

##### Базові (основні):

1. Цикліс Д.С. Фізико-хімічні дослідження при високих та надвисоких тисках. - М: Хімія, 1976. - 431 с.
2. Преображенський В.П. Теплотехнічні вимірювання та прилади. - М: Вища школа, 1978. - 702 с.
3. Кузьмичов Д.А., Радкевич І.А., Смирнов А.Д. Автоматизація експериментальних досліджень. – К.: 1983. – 391 с.
4. Кучеренко О.Т. Довідник із фізичних основ вакуумної техніки. – Київ: Вища школа, 1981. – 262 с.
5. Ангерер Е. Техніка теплофізичного експерименту. - М: Вид-во Ф.-М.-Л., 1962. - 451 с.
6. Розанов Л.М. Вакуумна техніка - М.: Вища школа, 1982. - С.206.
7. Роуз-Інс А. Техніка низькотемпературного експерименту. - М: Мир, 1966.
8. Уайт Г.К. Експериментальна техніка у фізиці низьких температур. - М: Вид-во Ф.-М.-Л., 1961. - 368 с.
9. Вакуумна техніка Довідник за загальною редакцією Е.С.Фролова, В.Е.Минайчева. - М: Машинобудування, 1985. - 359 с.

##### Допоміжна

1. Фармоз Б.І. Експериментальна техніка у фізиці надпровідників. – Київ: Вища школа, 1978.
2. Ліневег Ф. Вимірювання температури в техніці. - М.: Металургія, 1980.
3. Довідник холодильника. - М: ГЕІ, т.1, 1968.
4. Свенсон К. Фізика високих тисків. - М: ІЛ, 1963. - 365 с.
5. Піпко О.П. Основи вакуумної техніки. - Видавництво, 1981. - 431 с.
6. Малахов А.І., Андрєєв І.Х. Конструкційні матеріали хімічної апаратури - М: Хімія, 1978.
7. Кручинін О.М. Навчальний посібник з курсу "Технологія виробництва електричних печей". Основи конструювання та розрахунок вакуумних систем електричних печей. - М.: МЕІ, 1979. - С.81.
8. Григор'єв В.А., Аметістов Є.В., Алексєєв Т.А. Навчальний посібник з курсу "Охолодження та кріостатування енергетичних установок". Конструкція кріостатів та судин для кріоагентів. - М.: МЕІ, 1980. - С.39
9. Новоораний Г.М. Інформаційно-вимірювальна техніка. - М: Вища школа, 1977.
10. Геращенко О.О. та ін Температурні виміри. Довідник Київ: Наукова думка, 1984. - 493 с.
11. Кудрявцев Є.П. Міцність тонкостінних судин та апаратів. Конспект лекцій з курсу. Основи конструювання. Міцність тонкостінних судин та апаратів. - М.: МЕІ, 1983. - 32 с.
12. Теорія та техніка теплофізичного експерименту. Навч. посібник для вузів. / Под ред. В.К.Щукіна. - М: Енерговидав, 1985. - 360 с.
13. Беляєва А.І., Сілаєв В.І., Стеценко Ю.Є. Проточні кріостати для лабораторних досліджень. - Київ: Наук. думка, 1987. - 232 с.
14. Баррон Р.Ф. Кріогенні системи. - М: Енергоатоміздат, 1989. - 408 с.