

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



**СИЛАБУС ВИБІРКОВОГО ОСВІТНЬОГО КОМПОНЕНТУ**

**«ТЕПЛОФІЗИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ  
СКЛАДНИХ ТЕРМОДИНАМІЧНИХ СИСТЕМ»**

Мова навчання – *українська*

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

Код та найменування спеціальності *144 «Теплоенергетика»*

Освітньо-професійна програма *Технічна теплофізика та промислова  
теплоенергетика*

Ступінь вищої освіти *доктор філософії*

Затверджено на засіданні

Методичної Ради зі спеціальності *144 «Теплоенергетика»*

*« 20 » березня 2024 р. протокол № 1 .*

Реєстраційний номер в навчальному відділі НЦООП

19-144-2024 А

**Кафедра:** [Екоенергетики, термодинаміки та прикладної екології](#)

**Викладач:** **Желєзний Віталій Петрович**, доктор технічних наук, професор, професор екоенергетики, термодинаміки та прикладної екології

**Контакти:**

**Профайл** [zheleznyv@gmail.com](mailto:zheleznyv@gmail.com)

+38-096-719-17-18



## 1. Загальна інформація

Освітній компонент викладається на 2 курсі у 4 семестрі

Кількість: кредитів - 6, годин – 180

| Аудиторні заняття, годин: | Всього     | Лекції | Практичні    |
|---------------------------|------------|--------|--------------|
| денна                     | 90         | 34     | 56           |
| заочна                    | 36         | 12     | 24           |
| Самостійна робота, годин  | Денна - 90 |        | Заочна – 144 |

[Розклад занять](#)

## 2. Анотація освітнього компоненту

Освітній компонент «ТЕПЛОФІЗИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ СКЛАДНИХ ТЕРМОДИНАМІЧНИХ СИСТЕМ»

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.

Освітній компонент «ТЕПЛОФІЗИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ СКЛАДНИХ ТЕРМОДИНАМІЧНИХ СИСТЕМ» базується на знаннях, отриманих здобувачем вищої освіти в результаті вивчення освітніх компонент «Методологія наукових досліджень», «Методи дослідження процесів теплообміну в суцільних, дисперсних та багатофазних середовищах».

## 3. Мета освітнього компоненту

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.

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.

#### **4. Компетентності та програмні результати навчання**

У результаті вивчення освітнього компоненту «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.

##### **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.

##### **Спеціальні (фахові) компетентності:**

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

**СК06\*.** 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:**

**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.

**РН09\*.** 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 занять

|                                                                                                                                                                | Зміст теми                                                                                                          | Кількість годин |        |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|--------|
|                                                                                                                                                                |                                                                                                                     | денна           | заочна |
| Змістовний модуль 1: Основні поняття і термінологія. Особливості при експериментальному дослідженні теплофізичних властивостей складних термодинамічних систем |                                                                                                                     |                 |        |
| 1                                                                                                                                                              | Методичні особливості дослідження теплофізичних властивостей складних термодинамічних систем                        | 4               | 2      |
| 2                                                                                                                                                              | Методичні особливості при експериментальному дослідженні теплофізичних властивостей складних термодинамічних систем | 12              | 4      |
| Змістовний модуль 2: Методи моделювання теплофізичних властивостей складних термодинамічних систем                                                             |                                                                                                                     |                 |        |
| 3                                                                                                                                                              | Моделювання теплофізичних властивостей складних термодинамічних систем                                              | 18              | 6      |
| Разом за ОК:                                                                                                                                                   |                                                                                                                     | 34              | 12     |

### 5.2 Перелік практичних робіт

| № з/п                | Назва практичної роботи                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Кількість годин |           |
|----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|-----------|
|                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | денна           | заочна    |
| 1                    | Технічно важливі речовини і матеріали в промисловості і характерні особливості вивчення «складних термодинамічних систем» (СТС). Характеристичні параметри чистих речовин і технічно важливих рідин.<br>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                                                                                                        | 8               | 4         |
| 2                    | 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).<br>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, кріоскопічні методів і мольної рефракції. | 8               | 4         |
| 3                    | Структурно адитивні методи розрахунку ТВР. Теорія термодинамічної подібності, критерії подібності, наведені змінні. Емпіричні кореляції їх достоїнства і недоліки.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 12              | 4         |
| 4                    | Застосування малокоefficientних рівнянь стану для прогнозування теплофізичних властивостей речовин. Принципи скейлінгу для прогнозування властивостей СТС.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 14              | 4         |
| 5                    | Моделювання властивостей розчинів холодоагент/мастило. Моделювання властивостей фракцій нафти. Моделювання властивостей газових конденсатів. Основи градієнтної теорії. Проблеми моделювання властивостей нанофлюїдів.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 14              | 8         |
| <b>Всього за ОК:</b> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | <b>56</b>       | <b>24</b> |

### 5.3 Перелік завдань до самостійної роботи

| № з/п                | Назва теми                                                         | Кількість годин |            |
|----------------------|--------------------------------------------------------------------|-----------------|------------|
|                      |                                                                    | денна           | заочна     |
| 1                    | Опрацювання лекційного матеріалу                                   | 12              | 32         |
| 2                    | Підготовка до практичних робіт                                     | 26              | 32         |
| 3                    | Опрацювання окремих розділів програми, які не виносяться на лекції | 26              | 54         |
| 4                    | Виконання індивідуальних навчально-дослідних завдань               | 26              | 26         |
| <b>Всього за ОК:</b> |                                                                    | <b>90</b>       | <b>144</b> |

### 6. Система оцінювання та вимоги

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

Формами поточного контролю є:

- модульні контрольні роботи;
- тестування знань здобувачів з певних тем або з певних окремих питань ОК;
- виконання і захист практичних робіт;
- усне опитування.

Підсумковий контроль – *диф. залік*.

**Нарахування балів:**

| Вид роботи, що підлягає контролю                                                                                                                                      | Максимальна кількість оціночних балів |             |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|-------------|
|                                                                                                                                                                       | Денна                                 | Заочна      |
| <b>Змістовний модуль 1. Основні поняття і термінологія. Особливості при експериментальному дослідженні теплофізичних властивостей складних термодинамічних систем</b> |                                       |             |
| Лекційний курс*                                                                                                                                                       | -                                     | -           |
| Практичні роботи*                                                                                                                                                     | 15                                    | 15          |
| Самостійна робота*                                                                                                                                                    | 35                                    | 35          |
| <b>Всього за змістовний модуль 1</b>                                                                                                                                  | <b>50,0</b>                           | <b>50,0</b> |
| <b>Змістовний модуль 2. Методи моделювання теплофізичних властивостей складних термодинамічних систем</b>                                                             |                                       |             |
| Лекційний курс*                                                                                                                                                       | -                                     | -           |
| Практичні роботи*                                                                                                                                                     | 10                                    | 10          |
| Тестування*                                                                                                                                                           | 5                                     | 5           |
| Самостійна робота*                                                                                                                                                    | 35                                    | 35          |
| <b>Всього за змістовний модуль 2</b>                                                                                                                                  | <b>50,0</b>                           | <b>50,0</b> |
| <b>Всього</b>                                                                                                                                                         | <b>100,0</b>                          |             |

\*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 – диф. залік.**

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

|                        |                                                                                        |              |
|------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| <b>4,4 - 5,0 балів</b> | <i>Практична відпрацьована та вчасно захищена, надані повні обґрунтовані відповіді</i> | відмінно     |
| <b>4,1 - 4,3 балів</b> | <i>Практична відпрацьована та вчасно захищена, при відповіді допущені неточності</i>   | дуже добре   |
| <b>3,7 - 4,0 балів</b> | <i>Практична відпрацьована, відповіді неповні, допущені помилки</i>                    | добре        |
| <b>3,0 - 3,6 балів</b> | <i>Практична відпрацьована, відповіді незадовільні, допущені грубі помилки</i>         | достатньо    |
| <b>0,0 - 2,9 балів</b> | <i>Практична не відпрацьована або дані незадовільні відповіді</i>                      | незадовільно |

**Тестування**

|                        |                                         |              |
|------------------------|-----------------------------------------|--------------|
| <b>4,4 - 5,0 балів</b> | <i>90 - 100 % правильних відповідей</i> | відмінно     |
| <b>4,1 - 4,3 балів</b> | <i>74 – 89% правильних відповідей</i>   | дуже добре   |
| <b>3,7 - 4,0 балів</b> | <i>60 – 73% правильних відповідей</i>   | добре        |
| <b>3,0 - 3,6 балів</b> | <i>35 – 59 % правильних відповідей</i>  | достатньо    |
| <b>0,0 - 2,9 балів</b> | <i>0-35 % правильних відповідей</i>     | незадовільно |

**Самостійна робота\* (оцінювання теми 1 денної та заочної форм навчання)**

|                        |                                                                                                |              |
|------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| <b>4,4 - 5,0 балів</b> | <i>Самостійна робота відпрацьована та вчасно захищена, надані повні обґрунтовані відповіді</i> | відмінно     |
| <b>4,1 - 4,3 балів</b> | <i>Самостійна робота відпрацьована та вчасно захищена, при відповіді допущені неточності</i>   | дуже добре   |
| <b>3,7 - 4,0 балів</b> | <i>Самостійна робота відпрацьована, відповіді неповні, допущені помилки</i>                    | добре        |
| <b>3,0 - 3,6 балів</b> | <i>Самостійна робота відпрацьована, відповіді незадовільні, допущені грубі помилки</i>         | достатньо    |
| <b>0,0 - 2,9 балів</b> | <i>Самостійна робота не відпрацьована або дані незадовільні відповіді</i>                      | незадовільно |

\* Наповнення таблиці може змінюватися у залежності від форми самостійної роботи (реферати, доповіді з презентаціями, індивідуальні навчально-дослідні завдання тощо).

**Самостійна робота\* (оцінювання тем 2,3,4 денної та заочної форм навчання)**

|                         |                                                                                                |            |
|-------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>8,8 - 10,0 балів</b> | <i>Самостійна робота відпрацьована та вчасно захищена, надані повні обґрунтовані відповіді</i> | відмінно   |
| <b>8,1 - 8,7 балів</b>  | <i>Самостійна робота відпрацьована та вчасно захищена, при відповіді допущені неточності</i>   | дуже добре |

|                        |                                                                                        |                     |
|------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|
| <b>7,4 - 8,0 балів</b> | <i>Самостійна робота відпрацьована, відповіді неповні, допущені помилки</i>            | <i>добре</i>        |
| <b>6,0 - 7,3 балів</b> | <i>Самостійна робота відпрацьована, відповіді незадовільні, допущені грубі помилки</i> | <i>достатньо</i>    |
| <b>0,0 - 5,9 балів</b> | <i>Самостійна робота не відпрацьована або дані незадовільні відповіді</i>              | <i>незадовільно</i> |

\* Наповнення таблиці може змінюватися у залежності від форми самостійної роботи (реферати, доповіді з презентаціями, індивідуальні навчально-дослідні завдання тощо).

## 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, інтерактивні методи навчання (проблемне навчання, робота в малих групах, кейс-метод, мозговий штурм, проектний метод), тренінг, технології ситуативного моделювання, технології опрацювання дискусійних питань

**Самостійна робота**(реферати, доповіді з презентаціями, індивідуальні навчально-дослідні завдання тощо): робота з навчально-методичними матеріалами, робота зі статистично-аналітичними звітами, складання планової та звітної документації, науково-дослідна робота студентів (методи пізнання, аналогій, оцінка, ілюстрація тощо), складання скетчів за темами лекцій, реферування, конспектування)

## 8. Інформаційні ресурси

### Базові (основні):

1. Експериментальна теплофізика. Методи дослідження теплофізичних властивостей речовин [Текст] : підручник / В. П. Желєзний, В. З. Геллер, Ю. В. Семенюк ; Одес. нац. акад. харчових технологій. — Одеса : Фенікс, 2016. — 320 с.

2. Теплофізичні властивості енергоносіїв у теплотехнологіях [Електронний ресурс] : конспект лекцій призначений для студентів спец. 144 "Теплоенергетика" / О. Я. Хлієва ; ОНАХТ. — Одеса : ОНАХТ, 2020. — 75 с.

3. Наноматеріали та нанотехнології. Їх використання у харчовому виробництві [Текст] : навч. посіб. / В. А. Косенко, С. В. Кадомський, В. В. Малышев ; Ун-т "Україна" Інж.-технол. ін-т. — Київ : Ун-т "Україна", 2017. — 327 с. : табл., рис. — Бібліогр.: с. 314-320.

4. Теплофізика [Текст] / Ф. Морс ; под ред. А. Ф. Чудновского. — М. : Наука, 1968. — 416 с.

5. Теплотехнічні вимірювання та прилади [Електронний ресурс] : підручник / В. З. Геллер, В. П. Желєзний, Ю. В. Семенюк, С. М. Губанов ; МОН України, Одеська нац. акад. харчових технологій. — Одеса : ОНАХТ, 2018. — 253 с.

### Додаткові:

1. Теплофізичні властивості конденсованих фаз метану та його галоїдопохідних [Текст] : дис. ... канд. техн. наук: 05.14.06-технічна теплофізика та промислова теплоенергетика: захист 04.07.2019 / О. С. Бодюл ; наук. кер. Л.М. Якуб; МОН України, Одеська нац. акад. харчових технологій. — Одеса : ОНАХТ, 2019. — 190 с. — Бібліогр.: с. 142-158.

2. Про схвалення Концепції Державної цільової наук.-техн. програми "Нанотехнології та наноматеріали" на 2010-2014 роки: розпорядження від 2.04.2009р. №331-р [Текст] / К. М. Україна. // Офіційний вісник України : Збірник нормативно-правових актів / Свідомство про Держ.реєстрацію друкованогозасобу масової інформ. СеріяКВ №2173 від 24.09.1996 р. —

Київ : Державне підприємство Центр оцінки та інформації, 2009. — №26. — С.57-61.

3. Калоричні властивості нанофлюїдів, перспективних для застосування в холодильній техніці [Текст] : дис. ... канд. техн. наук: 05.14.06 - технічна теплофізика та промислова теплоенергетика / І. В. Мотовий ; наук. кер. В. П. Желєзний. — Одеса : ОНАХТ, 2019. — 193 с. — Бібліогр.: 159-160.

4. Наукове обґрунтування використання нанофлюїдів для підвищення ефективності холодильних машин [Текст] : дис. ... д-ра техн. наук: 05.05.14 - холодильна, вакуумна та компресорна техніка / О. Я. Хлієва ; наук. консультант В. П. Желєзний. — Одеса : ОНАХТ, 2019. — 343 с. — Бібліогр.: 294-317.

5. Взаємозв'язок між поверхневим натягом та тиском насичених парів для модельних нанофлюїдів [Текст] / О. Я. Хлієва, Д. О. Івченко, К. Ю. Ханчич etc. // Холодильна техніка та технологія. — О. : ОНАХТ, 2019. — Вип. 1(Т.55). — С.40-46.

6. Експериментальне дослідження коефіцієнта тепловіддачі при кипінні нанохолодоагенту R 141b/ наночастинки TiO<sub>2</sub> на поверхнях з різним ступенем змочування [Текст] / Т. В. Лук'янова, О. Я. Хлієва, Ю. В. Семенюк та ін. // Холодильна техніка та технологія. — О. : ОНАХТ, 2018. — Т.54, Вип. 3. — С.47-54.

7. Рівняння стану конденсованого метану при високих тисках [Текст] / Л. М. Якуб, О. С. Бодюл // Холодильна техніка та технологія. — О. : ОНАХТ, 2018. — Т.54, Вип. 4. — С.57-62.

### **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/

Віталій ЖЕЛЄЗНИЙ

Розглянуто та затверджено на засіданні кафедри ЕТ та ПЕ

Протокол від «01» вересня 2024 р. № 1 .

Завідувач кафедри

/ПІДПИСАНО/

Юрій СЕМЕНЮК

ПОГОДЖЕНО:

Гарант ОП Технічна теплофізика та промислова теплоенергетика  
професор кафедри ЕТ та ПЕ

/ПІДПИСАНО/

Борис КОСОЙ