

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



**СИЛАБУС ОBOB'ЯЗKOBOTO OCBITHЬOTO KOМПОНЕНТУ  
«AKTYAЛЬНІ ПPOБЛЕМИ КPIOГЕНHOЇ TEХНІКИ»**

Мова навчання – *українська*

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

Код та найменування спеціальності *142 «Енергетичне машинобудування»*

Освітньо-наукова програма *Енергетичне машинобудування*

Ступінь вищої освіти *доктор філософії*

Затверджено на засіданні

Методичної Ради зі спеціальності *142 «Енергетичне машинобудування»*  
*«19» вересня 2024 р. протокол № 1.*

Реєстраційний номер в у відділі аспірантури та докторантури

**03-142-2024A**

---

## 1. Загальна інформація

**Кафедра:** [Кріогенної техніки](#)  
**Викладач:** [Симоненко Юрій Михайлович](#), завідувач  
кафедри кріогенної техніки, доктор технічних  
наук, професор



**Контакти:**  
[simonenko.op@cloud.ontu.edu.ua](mailto:simonenko.op@cloud.ontu.edu.ua),  
048-720-91-21

**Профайл**

**Освітній компонент «Актуальні проблеми кріогенної техніки» викладається на другому курсі у першому семестрі для денної та заочної форм навчання**

**Кількість: кредитів - 3, годин – 90**

| Аудиторні заняття, годин: | всього     | лекції | практичні   |
|---------------------------|------------|--------|-------------|
| денна                     | 44         | 20     | 24          |
| заочна                    | 18         | 10     | 8           |
| Самостійна робота, годин  | Денна – 46 |        | Заочна – 72 |

### [Розклад занять](#)

## 2. Анотація освітнього компоненту

Предметом вивчення освітнього компонента «Актуальні проблеми кріогенної техніки» є нові тенденції та напрямки у розвитку та впровадженні низькотемпературних систем перетворення енергії. Дисципліна є базовою у підготовці доктора філософії для виконання дисертаційної роботи та безпосередньо для практичної діяльності фахівця на виробництві. Програмою дисципліни передбачено зв'язок з дисциплінами – «Технічна термодинаміка», «Тепломасообмін», «Теоретичні основи кріогенної техніки», Кріогенні технології», «Вакуумна техніка», «Кріогенна техніка», та ін.

## 3. Мета освітнього компоненту

Метою викладання початкової дисципліни «Актуальні проблеми кріогенної техніки» є формування у майбутнього доктора філософії об'єму базових теоретичних знань та практичних навичок у галузі дослідження та проєктування систем кріогенної техніки. Основними завданнями вивчення дисципліни «Актуальні проблеми кріогенної техніки» є формування у здобувача ступеня доктора філософії комплексу теоретичних та практичних знань відносно нових тенденції та напрямків у розвитку та впровадженні низькотемпературних систем перетворення енергії, вивчення Міжнародних документів галузевих стандартів, що регламентують діяльність у галузі 14 «Електрична інженерія», для прийняття обґрунтованих та економічно ефективних технічних рішень під час проєктування кріогенних систем на засадах енергозбереження та екологічної безпеки.

## 4. Компетентності та програмні результати навчання

У результаті вивчення освітнього компоненту «Актуальні проблеми кріогенної техніки» здобувач вищої освіти отримує наступні програмні компетентності та програмні результати навчання, які визначені в [освітньо-науковій програмі «Енергетичне машинобудування»](#) підготовки магістрів.

### Інтегральна компетентність

Здатність продукувати нові ідеї, розв'язувати комплексні проблеми у сфері енергетичного машинобудування, що передбачає глибоке переосмислення наявних і створення нових цілісних знань та/або професійних практик, застосовувати новітні методології наукової, педагогічної,

професійної діяльності, здійснювати власні наукові дослідження, результати яких мають наукову новизну, теоретичне та практичне значення.

#### **Загальні компетентності:**

**ЗК01.** Здатність розв'язувати комплексні проблеми у сфері енергомашинобудування на основі системного наукового світогляду та загального культурного кругозору із дотриманням принципів професійної етики та академічної доброчесності

**ЗК03.** Здатність працювати автономно.

**ЗК 05.** Здатність розробляти та управляти проектами.

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

**СК01.** Здатність планувати і виконувати оригінальні дослідження на відповідному рівні, досягати наукових результатів, які можуть бути опубліковані у провідних наукових виданнях, впроваджені у практичну діяльність, що створюють нові знання у сфері енергетичного машинобудування та/або дотичних до них міждисциплінарних напрямках.

**СК02.** Здатність продукувати, обґрунтувати нові ідеї, гіпотези і моделі, та приймати науково обґрунтовані рішення у сфері енергетичного машинобудування.

**СК05.** Здатність до критичного переосмислення і розвитку сучасних теорій, методологій, об'єктів досліджень й практик із застосуванням системного підходу до врахування проблемних аспектів з різних галузей знань у сфері енергетичного машинобудування.

#### **Програмні результати навчання:**

**РН02.** Глибоко розуміти загальні принципи та методи технічних наук, методологію наукових досліджень, застосовувати їх в процесі проведення власних досліджень у сфері енергетичного машинобудування, а також у викладацькій практиці.

**РН03.** 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 технології.

**РН07.** Аналізувати та оцінювати стан, тенденції розвитку енергетичного машинобудування, застосовувати сучасні методології, методи та інструменти для вирішення актуальних проблем у професійній практиці.

**РН09.** Планувати і виконувати теоретичні та/або емпіричні дослідження з використанням сучасних методів й інструментів, здійснювати критичний аналіз результатів власних або сторонніх досліджень у контексті усього комплексу сучасних знань щодо проблем у сфері енергетичного машинобудування та дотичних міждисциплінарних напрямів, з дотриманням норм академічної і професійної етики.

**РН10.** Ініціювати, розробляти, реалізовувати наукові та/або інноваційні проекти, які дають можливість переосмислити наявні та/або отримати нові цілісні знання, розв'язувати проблеми енергетичного машинобудування з урахуванням етичних, соціальних, економічних, екологічних і правових аспектів.

### **5. Інформаційний обсяг освітнього компоненту**

#### **5.1 Перелік лекційних завдань**

| Тема                                                            | Зміст теми                                                                                                                                                                   | Кількість годин |        |
|-----------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|--------|
|                                                                 |                                                                                                                                                                              | денна           | заочна |
| Змістовний модуль 1. Використання рідкого азоту і рідкого кисню |                                                                                                                                                                              |                 |        |
| 1                                                               | Вступ. Загальні положення. Основні напрямки використання зріджених криогенних речовин в техніці. Оксіліквіти. історія використання рідкого кисню для створення оксіліквітів. | 2               | 2      |
| 2                                                               | Використання низьких температур для утворення нерухомих посадок. Методи розрахунку нерухомих посадок, що створюються за допомогою охолодження у рідкому азоті.               | 2               | -      |
| 3                                                               | Використання зрідженого азоту для зберігання та транспортування плодоовочевої продукції. Конструкції ізотермічних кузовів                                                    | 2               | 2      |

|                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                       |           |           |
|-------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-----------|
|                                                                   | розроблених в Україні і за кордоном, які охолоджуються зрідженим азотом.                                                                                                                                                                                                              |           |           |
| 4                                                                 | Кріопомел. Використання кріопомелу в медицині та харчової промисловості. Перспективи застосування кріопомелу. Методи та засоби кріопомелу. Конструкції приладів для кріопомелу.                                                                                                       | 2         | -         |
| 5                                                                 | Особливості впливу низьких температур на живі клітини. Сучасні теорії кріопошкодження                                                                                                                                                                                                 | 2         | -         |
| <b>Змістовний модуль 2. Застосування інших кріогенних речовин</b> |                                                                                                                                                                                                                                                                                       |           |           |
| 6                                                                 | Історія створення та розвитку кріогенних систем життєзабезпечення. Підводні та теплозахисні кріогенні системи життєзабезпечення. Необхідність відбору рідини з кріогенного посуду. Структура кріогенних систем життєзабезпечення                                                      | 2         | 2         |
| 7                                                                 | Типи відбірників рідини, які використовуються у кріогенних системах життєзабезпечення. Капілярно-пористі відбірники рідини. Конструкції відбірників рідини, які використовуються у кріогенних системах життєзабезпечення та космічних апаратах. Методи розрахунку відбірників рідини. | 2         | -         |
| 8                                                                 | Теплозахисні кріогенні системи життєзабезпечення, їх переваги над іншими видами теплозахисних систем. Кріогенні теплозахисні системи конвективного та кондуктивного типу.                                                                                                             | 2         | 2         |
| 9                                                                 | Виробництво, транспорт і використання зрідженого природного газу. Структура світового виробництва та використання зрідженого природного газу. Використання ексергії зрідженого природного газу.                                                                                       | 2         | -         |
| 10                                                                | Історія відкриття і використання надпровідності. Сучасні надпровідні прилади, їх призначення та принцип роботи. Високотемпературна надпровідність, відкриття та дослідження.                                                                                                          | 2         | 2         |
| <b>Разом за ОК:</b>                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                       | <b>20</b> | <b>10</b> |

## 5.2 Перелік практичних робіт

| № з/п                | Назва практичної роботи                                             | Кількість годин |          |
|----------------------|---------------------------------------------------------------------|-----------------|----------|
|                      |                                                                     | денна           | заочна   |
| 1                    | Використання рідкого азоту в машинобудуванні.                       | 2               | 2        |
| 2                    | Конструкції приладів для кріопомелу                                 | 2               | 2        |
| 3                    | Реальні гази і газові суміші                                        | 2               | -        |
| 4                    | Сучасні технології консервування живих клітин та організмів холодом | 2               | 2        |
| 5                    | Методи розрахунку елементів кріогенних теплозахисних систем.        | 2               | 2        |
| <b>Всього за ОК:</b> |                                                                     | <b>10</b>       | <b>8</b> |

## 5.3 Перелік завдань до самостійної роботи

| № з/п | Назва теми                                                                                                                                                                                                                                 | Кількість годин |        |
|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|--------|
|       |                                                                                                                                                                                                                                            | денна           | заочна |
| 1     | Використання рідкого азоту в машинобудуванні. Фізичні процеси, які протікають в металах при низьких температурах. Поліпшення якості сталі при кріогенних температурах. Стабілізація розмірів та форми деталей при кріогенних температурах. | 12              | 14     |
| 2     | Використання зрідженого азоту при обробці гумових та пластмасових виробів. Використання низьких температур для якісного згрібання тонкостінних труб.                                                                                       | 12              | 14     |

|                      |                                                                                                                     |           |           |
|----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-----------|
| 3                    | Методи розрахунку ізотермічних кузовів та сховищ для плодовоовочевої продукції, які охолоджуються зрідженим азотом. | 12        | 14        |
| 4                    | Застосування кріоконсервування для збереження клітин крові. Кріоконсервація ембріонів і тканин.                     | 12        | 14        |
| 5                    | Використання зрідженого водню. Ракетна техніка, транспорт, воднева енергетика.                                      | 12        | 16        |
| <b>Всього за ОК:</b> |                                                                                                                     | <b>60</b> | <b>72</b> |

## 6. Система оцінювання та вимоги

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

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:

- письмові контрольні роботи за окремими темами або модульні контрольні роботи;
- тестування знань здобувачів з певних тем або з певних окремих питань ОК;
- виконання і захист практичних/лабораторних робіт;
- усне опитування;
- тощо.

Підсумковий контроль – *екзамен*.

### Нарахування балів:

| Вид роботи, що підлягає контролю                                       | Максимальна кількість оціночних балів |              |
|------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|--------------|
|                                                                        | денна                                 | заочна       |
| <b>Змістовний модуль 1. Використання рідкого азоту і рідкого кисню</b> |                                       |              |
| Лекційний курс*                                                        | 10                                    | 10           |
| Практичні роботи*                                                      | 10                                    | 10           |
| Самостійна робота*                                                     | 5                                     | 5            |
| Тестування*                                                            | 10                                    | 10           |
| <b>Всього за змістовний модуль 1</b>                                   | <b>35</b>                             | <b>35</b>    |
| <b>Змістовний модуль 2. Застосування інших кріогенних речовин</b>      |                                       |              |
| Лекційний курс*                                                        | 10                                    | 10           |
| Практичні роботи*                                                      | 10                                    | 10           |
| Самостійна робота *                                                    | 5                                     | 5            |
| Тестування*                                                            | 10                                    | 10           |
| <b>Всього за змістовний модуль 2</b>                                   | <b>35</b>                             | <b>35</b>    |
| <b>Екзамен</b>                                                         | <b>30,0</b>                           | <b>30,0</b>  |
| <b>Всього</b>                                                          | <b>100,0</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 – екзамен**

|             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |              |
|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| 27-30 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     |
| 23-26 балів | якщо здобувач виявляє дещо обмежені знання навчального матеріалу, допускає окремі несуттєві помилки й неточності                                                                                                                                                                                                        | дуже добре   |
| 18-22 бали  | якщо здобувач засвоїв основний навчальний матеріал, володіє необхідними уміннями та навичками для вирішення стандартних завдань, проте при цьому допускає неточності, не виявляє самостійності суджень, демонструє недоліки комунікативної культури                                                                     | задовільно   |
| 0-17 балів  | якщо здобувач не володіє необхідними знаннями, уміннями й навичками, науковими термінами, демонструє низький рівень комунікативної культури                                                                                                                                                                             | незадовільно |

**Практичні роботи (оцінювання однієї роботи)**

| Денна           | Заочна          |                                                                                        |              |
|-----------------|-----------------|----------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| 3,5 – 4,0 балів | 4,0 – 5,0 балів | Практична робота відпрацьована та вчасно захищена, надані повні обґрунтовані відповіді | відмінно     |
| 2,0 – 3,4 балів | 2,5 – 3,9 балів | Практична робота відпрацьована та вчасно захищена, при відповіді допущені неточності   | добре        |
| 1,0 – 1,9 балів | 1,0 – 2,4 балів | Практична робота відпрацьована, відповіді незадовільні, допущені грубі помилки         | достатньо    |
| 0 – 0,9 балів   | 0 – 0,9 балів   | Практична робота не відпрацьована або дані незадовільні відповіді                      | незадовільно |

**Лекційний курс**

|                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |          |
|-----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| 15 - 20 балів   | Здобувач бездоганно засвоїв теоретичний матеріал, демонструє глибокі і всебічні знання відповідної теми або навчальної дисципліни, основні положення наукових першоджерел та рекомендованої літератури, логічно мислить і будує відповідь, вільно використовує набуті теоретичні знання при аналізі практичного матеріалу, висловлює своє ставлення до тих чи інших проблем, демонструє високий | відмінно |
| 10 – 14,9 балів | Здобувач добре засвоїв теоретичний матеріал, володіє основними аспектами з першоджерел та рекомендованої літератури, аргументовано викладає його; має практичні навички, висловлює свої міркування з приводу тих чи інших проблем, але припускається певних неточностей і похибок у логіці викладу теоретичного змісту                                                                          | добре    |

|               |                                                                                                                                                                                                                                                                                     |              |
|---------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| 5 – 9,9 балів | Здобувач в основному опанував теоретичними знаннями навчальної теми або дисципліни, орієнтується в першоджерелах та рекомендованій літературі, але непереконливо відповідає, плутає поняття, додаткові питання викликають у студента невпевненість або відсутність стабільних знань | достатньо    |
| 0-4,9 балів   | Здобувач не опанував навчальний матеріал теми (дисципліни), не знає наукових фактів, визначень, майже не орієнтується в першоджерелах та рекомендованій літературі, відсутні наукове мислення                                                                                       | незадовільно |

#### Самостійна робота

|              |                                                                                         |              |
|--------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| 6 – 10 балів | Самостійна робота відпрацьована та вчасно захищена, надані повні обґрунтовані відповіді | зараховано   |
| 0 – 5 балів  | Самостійна робота не відпрацьована або дані незадовільні відповіді                      | незараховано |

#### Тестування (у рамках одного модулю)

|           |                                  |              |
|-----------|----------------------------------|--------------|
| 9,0-10,0  | 90 - 100 % правильних відповідей | відмінно     |
| 8,0 -8,9  | 74 – 89% правильних відповідей   | дуже добре   |
| 7,0 – 7,9 | 60 – 73% правильних відповідей   | добре        |
| 5,0 – 6,9 | 35 – 59 % правильних відповідей  | достатньо    |
| 0 – 4,9   | 0-35 % правильних відповідей     | 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, інтерактивні методи навчання (проблемне навчання, робота в малих групах, кейс-метод, мозговий штурм, проєктний метод), тренінг, технології ситуативного моделювання, технології опрацювання дискусійних питань

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

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

### 8.Інформаційні ресурси

#### Базові (основні):

1. Кріогенні технології видобування рідкісних газів: конспект лекцій: для здобувачів освіти галузі знань 14 "Електрична інженерія", спец. 142 "Енергетичне машинобудування" / Ю. М. Симоненко, В. Л. Бондаренко ; Каф. кріогенної техніки. — Одеса : ОНАХТ, 2022. — 113 с.

- Електрон. текст. дані. <https://elc.library.ontu.edu.ua/library-w/DocumentDescription?docid=OdONAHТ.1809511>
2. Арсеньєв В.М. Кріогенна техніка: основи теорії і розрахунку циклів кріогенних установок [Електронний ресурс] : навч. посіб. / В. М. Арсеньєв, В. М. Козін. — Суми : СумДУ, 2021. — 272 с. <https://elc.library.ontu.edu.ua/library-w/DocumentDescription?docid=OdONAHТ.2033458>.
3. Cryogenic technology and low-temperature machines: lecture notes: Written according to academic course working programme for 14 "Electrical Engineering" field of study students, programme subject area 142 "Power Machinery" / М. Kravchenko ; Department of Cryogenic Engineering. — Odesa : ONAFT, 2022. — 105 p. — Електрон. текст. дані. <https://elc.library.ontu.edu.ua/library-w/DocumentDescription?docid=OdONAHТ.1809359>.
4. Повітророздільні установки: конспект лекцій для здобувачів освіти галузі знань 14 "Електрична інженерія", спец. 142 "Енергетичне машинобудування" / Б. Г. Грудка, А. М. Басов ; Каф. кріогенної техніки. — Одеса : ОНАХТ, 2022. — 57 с. — Електрон. текст. дані. <https://elc.library.ontu.edu.ua/library-w/DocumentDescription?docid=OdONAHТ.1809319>.
5. Air separation units for cryogenic products: lecture notes: Written according to academic course working programme for 14 "Electrical Engineering" field of study students, programme subject area 142 "Power Machinery" / М. Kravchenko ; Department of Cryogenic Engineering. — Odesa : ONAFT, 2022. — 73 p. — Електрон. текст. дані. <https://elc.library.ontu.edu.ua/library-w/DocumentDescription?docid=OdONAHТ.1809475>.
6. Технічна термодинаміка і теплообмін [Текст] : підручник / О. А. Вассерман, О. Г. Слинко. — Одеса : Фенікс, 2019. — 496 с. <https://elc.library.ontu.edu.ua/library-w/DocumentDescription?docid=OdONAHТ.1596075>.

#### Додаткові:

1. Cryogenic Technologies of Rare Gases Extraction [Текст] = Кріогенні технології добування рідких газів : monograph / V. L. Bondarenko, Yu. M. Simonenko. — Odessa : Astroprint, 2014. — 312 p. <https://elc.library.ontu.edu.ua/library-w/DocumentDescription?docid=OdONAHТ-cnv.BibRecord.166505>.
2. Stirling and Vuilleumier heat pumps: design and applications / Jaroslav Wurm et al. – USA: MyGraw-Hill Inc., 1991. – 252 p. <https://elc.library.ontu.edu.ua/library-w/DocumentDescription?docid=OdONAHТ.2155402>.
3. Balmer, R. (1990) Modern engineering thermodynamics. Elsevier Inc, 827. <https://elc.library.ontu.edu.ua/library-w/DocumentDescription?docid=OdONAHТ.2154668>.

### 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](#).

Розглянуто та затверджено на засіданні кафедри кріогенної техніки  
Протокол від «30» серпня 2024 р. № 1

Д.т.н, професор, завідувач кафедри  
кріогенної техніки, Гарант ОНП  
«Енергетичне машинобудування»



Юрій СИМОНЕНКО