

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



**СИЛАБУС ВИБІРКОВОГО ОСВІТНЬОГО КОМПОНЕНТУ
«КРІОГЕННА ТЕХНІКА»**

Мова навчання – *українська*

Шифр та найменування галузі знань *G «Інженерія, виробництво та будівництво»*

Код та найменування спеціальності *G4 «Енерговиробництво (G 4.04 Холодильні та кліматичні технології)»*

Освітньо-професійна програма *Холодильні машини, установки і кондиціювання повітря*

Ступінь вищої освіти *бакалавр*

Затверджено на засіданні

Методичної Ради зі спеціальності *G4 «Енерговиробництво (G 4.04 Холодильні та кліматичні технології)»*

«08» вересня 2025 р. протокол № 1.

Реєстраційний номер в навчальному відділі НЦООП

1. Загальна інформація

Кафедра: [Кріогенної техніки](#)
Викладач: [Грудка Богдан Геннадійович](#), доцент кафедри кріогенної техніки, кандидат технічних наук

Контакти:
Профайл bogdangennadievich@gmail.com,
048-720-91-16



Освітній компонент «Кріогенна техніка» викладається на третьому курсі у першому семестрі для денної та заочної форм навчання

Кількість: кредитів - 5, годин – 150

Аудиторні заняття, годин:	всього	лекції	лабораторні	практичні
денна	60	28	16	16
заочна	18	8	6	4
Самостійна робота, годин	Денна – 90		Заочна – 132	

Розклад занять

2. Анотація освітнього компоненту

Освітній компонент «Кріогенна техніка» спрямований на ознайомлення майбутніх бакалаврів з основами кріогенної техніки, з основними фактами з історії кріогенної техніки, процесами, які використовуються для отримання кріогенних температур та деякими особливостями схем та апаратів кріогенних установок. Основним завданням викладання освітнього компоненту є якісна підготовка здобувачів вищої освіти до виробничо-технологічної діяльності та формування у них знань, необхідних для вирішення фахових питань в сфері кріогенних технологій. Зокрема, створити теоретичну базу підготовки фахівця в галузі низькотемпературної техніки і технології; сформуванню технічний світогляд, закласти фундамент технічної ерудиції; виробити в звичку за любых обставин дбайливо ставитися до енергетичних ресурсів; навчити студента ефективно вирішувати практичні інженерні задачі, пов'язані з розрахунком, конструюванням, обслуговуванням та експлуатацією кріогенних машин і установок.

Освітній компонент «Кріогенна техніка» базується на знаннях, отриманих здобувачем вищої освіти в результаті вивчення освітніх компонент «Вища математика», «Фізика», «Хімія», «Технологія конструкційних матеріалів та матеріалознавство», «Технічна термодинаміка», «Гідро газодинаміка», «Тепло-масообмін», та ін.

3. Мета освітнього компоненту

Метою викладання освітнього компоненту «Кріогенна техніка» є надання здобувачам вищої освіти комплексних знань в галузі термодинамічних процесів, які використовуються для отримання кріогенних температур і схемами та апаратами кріогенних установок.

4. Компетентності та програмні результати навчання

У результаті вивчення освітнього компоненту «Кріогенна техніка» здобувач вищої освіти отримує наступні програмні компетентності та програмні результати навчання, які визначені в [Стандарті вищої освіти зі спеціальності 142 «Енергетичне машинобудування»](#), та освітньої програми [«Холодильні машини, установки і кондиціонування повітря»](#) підготовки бакалаврів.

Інтегральна компетентність

Здатність розв'язувати складні задачі і проблеми у галузі енергетичного машинобудування або у процесі навчання, що передбачає застосування теорій

тепломасообміну, технічної термодинаміки, гідрогазодинаміки, трансформації (перетворення) енергії, технічної механіки, та методів відповідних наук і характеризується комплексністю та невизначеністю умов

Загальні компетентності:

- ЗК1. Здатність реалізувати свої права і обов'язки як члена суспільства, усвідомлювати цінності громадянського суспільства та необхідність його сталого розвитку, верховенства права, прав і свобод людини і громадянина в Україні.
- ЗК3. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.
- ЗК12. Здатність спілкуватися з представниками інших професійних груп різного рівня.
- ЗК14. Навички здійснення безпечної діяльності.
- ЗК15. Здатність забезпечувати якість виконуваних робіт.
- ЗК16. Прагнення до збереження навколишнього середовища.

Спеціальні (фахові, предметні) компетентності:

- ФК1. Здатність продемонструвати систематичне розуміння ключових аспектів та концепції розвитку галузі енергетичного машинобудування.
- ФК2. Здатність продемонструвати систематичне розуміння ключових аспектів та концепції розвитку галузі енергетичного машинобудування
- ФК5. Здатність розробляти енергозберігаючі технології та енергоощадні заходи під час проектування проектуванні та експлуатації енергетичного і теплотехнологічного обладнання.
- ФК6. Здатність вибирати основні й допоміжні матеріали та способи реалізації основних теплотехнологічних процесів при створенні нового обладнання в галузі енергомашинобудування і застосовувати прогресивні методи експлуатації теплотехнологічного обладнання для об'єктів енергетики, промисловості і транспорту, комунально-побутового та аграрного секторів економіки.

Програмні результати навчання:

- ПР2. Знання і розуміння інженерних наук на рівні, необхідному для досягнення інших результатів освітньої програми, в тому числі певна обізнаність в останніх досягненнях.
- ПР5. Виявляти, формулювати і вирішувати інженерні завдання відповідно до спеціальності 142 «Енергетичне машинобудування»; розуміти важливість нетехнічних (суспільство, здоров'я і безпека, навколишнє середовище, економіка і промисловість) обмежень.
- ПР6. Розробляти і проектувати вироби в галузі енергетичного машинобудування, процеси і системи, що задовольняють встановленим вимогам, які можуть включати обізнаність про нетехнічні (суспільство, здоров'я і безпека, навколишнє середовище, економіка і промисловість) аспекти; обрання і застосовування адекватної методології проектування.
- ПР10. Планувати і виконувати експериментальні дослідження за допомогою інструментальних засобів (вимірювальних приладів), оцінювати похибки проведення досліджень, робити висновки.
- ПР13 Використовувати обладнання, матеріали та інструменти, інженерні технології і процеси, а також розуміння їх обмежень при вирішенні професійних завдань.
- ПР23*. Здатність удосконалювати та розробляти системи кондиціонування повітря на базі екологічно-безпечних холодильних агентів.

5. Інформаційний обсяг освітнього компоненту

5.1 Перелік лекційних завдань

Тема	Зміст теми	Кількість годин	
		денна	заочна
Змістовний модуль 1. Дросельні кріогенні цикли.			
1	Вступ. Історія зрідження кисню. Установки Пікте та Кальете. Установа Ольшевського та Вроблевського для зрідження кисню.	2	-

2	Простий дросельний цикл для зрідження кріогенних речовин. Температура інверсії. Коефіцієнт зрідження. Енергетичні та ексергетичні показники циклу. Установка Хемпсона.	2	2
3	Врахування теплових надходжень при роботі простого дросельного циклу. Цикл з попереднім охолодженням прямого потоку. Розрахунок витрати холоду на попереднє охолодження. Термодинамічний підхід до попереднього охолодження.	2	2
4	Історія зрідження водню та гелію. Установка Дьюара. Сосуди Дьюара. Гелій у природі та джерела отримання гелію. Установка Каммерлінг-Оннеса для зрідження гелію. Відкриття надпровідності та надтекучості.	2	-
5	Термодинамічні втрати простого дросельного циклу. Цикл двох тисків. Цикл Кеєзона. Цикл Кліменка.	2	-
6	Методи розрахунку дросельних циклів. Розрахунок витрати енергії на отримання 1 літру кріогенної речовини. Розрахунок витрати холоду або кріогенної речовини на попереднє охолодження. Розрахунок рефрижераторних циклів.	2	-
7	Розділення повітря методом ректифікації. Принцип роботи ректифікаційної колони. Колона дворазової ректифікації, особливості роботи та застосування. Найпростіша установка для розділу повітря з колоною дворазової ректифікації. Отримання інертних газів.	2	-
Змістовний модуль 2. Детандерні кріогенні цикли			
8	Детандерні цикли. Установка Жоржа Клода для зрідження повітря. Детандерний цикл Клода. Методи розрахунку температури газу, який виходить з детандеру.	2	2
9	Конструкція детандера Гейландта. Детандерний цикл Гейландта для зрідження повітря. Особливості розрахунку циклу.	2	-
10	Конструкція детандера Гейландта. Детандерний цикл Гейландта для зрідження повітря. Особливості розрахунку циклу.	2	-
11	Цикл Капіци для зрідження гелію. Конструкція детандеру Капіци. Особливості роботи установок для зрідження гелію у рефрижераторному режимі та у режимі зрідження. Розрахунок циклу Капіци для зрідження Гелію.	2	-
12	Цикл Колінза для зрідження гелію. Конструкція детандеру Колінза. Особливості розрахунку циклу Колінза. Установка Сімона для отримання рідкого гелію. Сучасні схеми ожижувачів гелію. Кріогенне забезпечення надпровідних пристроїв.	2	-
13	Кріогенний цикл Стірлінга. Класифікація конструкцій машин Стірлінга. Розрахунок ідеального циклу Стірлінга. Ромбічний рушій і інші сучасні конструкції машин Стірлінга.	2	1
14	Кріогенний цикл Гіффорда-МакМагона. Розрахунок ідеального циклу Гіффорда-МакМагона. Термо-акустичні кріогенні установки.	2	1
Разом за ОК:		28	8

5.2 Перелік лабораторних робіт

№ з/п	Назва практичної роботи	Кількість годин	
		денна	заочна
1	Загальне знайомство з лабораторною базою кафедри. Техніка безпеки при роботі зі зрідженими газами.	2	2
2	Дослідження випаровування кріогенної рідини в сосуді Дьюара.	2	-
3	Розрахунок теплових надходжень до сосуда Дьюара.	2	-

4	Вивчення конструкції установки для розділення повітря КА-0,02.	2	2
5	Вивчення конструкції зріджувача гелію ОГ-8.	2	2
6	Знайомство з кріорефрижераторами ЗІФ-700 та ЗІФ-1000, що працюють по циклу Стірлінга. Методи підвищення їх енергетичної ефективності.	2	-
7	Дослідження роботи теплової машини, що працює по циклу Стірлінга. Вимірювання залежності числа обертів машини від різниці температур.	2	-
8	Розрахунок температурного та адіабатного ККД машини Стірлінга.	2	-
Всього за ОК:		16	6

5.3 Перелік практичних робіт

№ з/п	Назва практичної роботи	Кількість годин	
		денна	заочна
1	Простий дросельний цикл і його розрахунок	4	2
2	Цикл з попереднім охолодженням прямого потоку і його розрахунок	2	-
3	Методи розрахунку детандерних циклів.	2	-
4	Цикл Клода і його розрахунок	2	2
5	Цикл Гейландта і його розрахунок	2	-
6	Цикл Капіци для зрідження гелію і його розрахунок	2	-
7	Цикли для зрідження водню, і методи врахування орто-параконверсії	2	-
Всього за ОК:		16	4

5.4 Перелік завдань до самостійної роботи

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		денна	заочна
1	Вивчення конструкцій балонно-дросельних кріогенних систем.	10	20
2	Вивчення конструкцій блоків очищення кріогенних систем.	10	12
3	Використання ректифікації в процесах отримання технічних газів	15	20
4	Вивчення конструкції і принципу роботи системи Симона для зрідження гелію.	10	20
5	Вивчення видів кріогенної теплоізоляції і особливостей їх використання.	15	20
6	Вивчення методів та схем проведення орто-параконверсії рідкого водню. Цикли для зрідження водню.	15	20
7	Вивчення методів отримання вакууму для вакуумної теплоізоляції.	15	20
Всього за ОК:		90	132

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:

- виконання і захист практичних/лабораторних робіт;
- письмові контрольні роботи за окремими темами або модульні контрольні роботи;
- усне опитування.

Підсумковий контроль – **екзамен**

Нарахування балів:

Вид роботи, що підлягає контролю	Максимальна кількість оціночних балів	
	Денна	Заочна
Змістовний модуль 1. «Дросельні кріогенні цикли»		
Лекційний курс*	4	4
Практичні роботи*	14	14
Лабораторні роботи*	12	12
Самостійна робота*	5	5
Всього за змістовний модуль 1	35	35
Змістовний модуль 2. «Детандерні кріогенні цикли»		
Лекційний курс*	4	4
Практичні роботи*	14	14
Лабораторні роботи*	12	12
Самостійна робота*	5	5
Всього за змістовний модуль 2	35	35
Екзамен	30,0	30,0
Всього	100,0	100,0

*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

Лабораторні роботи (оцінювання однієї роботи)

Денна	Заочна		
2,5 – 3 балів	6,5 - 8 балів	Лабораторна відпрацьована та вчасно захищена, надані повні обґрунтовані відповіді	відмінно

2,0 - 2,4 балів	5,0 - 6,4 балів	Лабораторна відпрацьована та вчасно захищена, при відповіді допущені неточності	дуже добре
1,5 – 1,9 балів	3,5 – 4,9 балів	Лабораторна відпрацьована, відповіді неповні, допущені помилки	добре
1,1 – 1,4 балів	2,1 – 3,4 балів	Лабораторна відпрацьована, відповіді незадовільні, допущені грубі помилки	достатньо
0-1 балів	0-2 балів	Лабораторна не відпрацьована або дані незадовільні відповіді	незадовільно

Практичні роботи (оцінювання однієї роботи)

Денна	Заочна		
3,0 – 4,0 балів	10,5 - 14 балів	Практична робота відпрацьована та вчасно захищена, надані повні обґрунтовані відповіді	відмінно
2,5 - 2,9 балів	8,0 - 10,4 балів	Практична робота відпрацьована та вчасно захищена, при відповіді допущені неточності	дуже добре
2,0 – 2,4 балів	4,5 – 7,9 балів	Практична робота відпрацьована, відповіді неповні, допущені помилки	добре
1,0 – 1,9 балів	2,1 – 4,4 балів	Практична робота відпрацьована, відповіді незадовільні, допущені грубі помилки	достатньо
0 - 0,9 балів	0-2 балів	Практична робота не відпрацьована або дані незадовільні відповіді	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

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. Арсен'єв В.М. Кріогенна техніка: основи теорії і розрахунку циклів кріогенних установок [Електронний ресурс] : навч. посіб. / В. М. Арсен'єв, В. М. Козін. — Суми : СумДУ, 2021. — 272 с. <https://elc.library.ontu.edu.ua/library-w/DocumentDescription?docid=OdONAHТ.2033458>.

2. Cryogenic technology and low-temperature machines: lecture notes [Електронний ресурс] : Written according to academic course working programme "Cryogenic technology and low-temperature machines " for 14 "Electrical Engineering" field of study students, programme subject area 142 "Power Machinery", degree "Bachelor" / М. Kravchenko ; Department of Cryogenic Engineering. — Odesa : ONAFT, 2022. — 105 р. — Електрон. текст. дані. <https://elc.library.ontu.edu.ua/library-w/DocumentDescription?docid=OdONAHT.1809359>.
3. Повітророздільні установки : конспект лекцій [Електронний ресурс] : для здобувачів освіти галузі знань 14 "Електрична інженерія", спец. 142 "Енергетичне машинобудування", СВО "Бакалавр" / 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=OdONAHT.1809319>.
4. Air separation units for cryogenic products : lecture notes [Електронний ресурс] : Written according to academic course working programme "Air separation units for cryogenic products" for 14 "Electrical Engineering" field of study students, programme subject area 142 "Power Machinery", degree "Master" / М. Kravchenko ; Department of Cryogenic Engineering. — Odesa : ONAFT, 2022. — 73 р. — Електрон. текст. дані. <https://elc.library.ontu.edu.ua/library-w/DocumentDescription?docid=OdONAHT.1809475>.
5. Кріогенні технології видобування рідкісних газів: конспект лекцій [Електронний ресурс] : для здобувачів освіти галузі знань 14 "Електрична інженерія", спец. 142 "Енергетичне машинобудування", СВО "бакалавр" / 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=OdONAHT.1809511>

Додаткові:

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

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



Богдан ГРУДКА

Розглянуто та затверджено на засіданні кафедри кріогенної техніки
Протокол від «28» серпня 2025 р. № 1

Завідувач кафедри



Юрій СИМОНЕНКО

ПОГОДЖЕНО:

Гарант ОП «Холодильні машини, установки і кондиціонування повітря», доцент кафедри холодильних установок і кондиціонування повітря



Володимир ТРАНДАФІЛОВ