

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



**СИЛАБУС ОBOB'ЯЗKOBOrO OCBIrHbOrO KOМПОНЕНТУ
«КРІОГЕННІ ТЕХНОЛОГІЇ ЗДОБУВАННЯ РІДКІСНИХ ГАЗІВ»**

Мова навчання – *українська*

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

Код та найменування спеціальності *142 «Енергетичне машинобудування»*

Освітньо-професійна програма *Кріогенні технології виробництва, зрідження
і транспортування природних газів*

Ступінь вищої освіти *магістр*

Затверджено на засіданні

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

Реєстраційний номер в навчальному відділі НЦООП

1. Загальна інформація

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



Контакти:
ysimonenko@cryoin.com,
048-720-91-21

Профайл

Освітній компонент «Кріогенні технології здобування рідкісних газів» викладається на першому курсі у другому семестрі для денної та заочної форм навчання

Кількість: кредитів - 5, годин – 150

Аудиторні заняття, годин:	всього	лекції	лабораторні	практичні
денна	50	20	14	16
заочна	16	6	4	6
Самостійна робота, годин	Денна – 100		Заочна – 134	

Розклад занять

2. Анотація освітнього компоненту

Освітній компонент «Кріогенні технології здобування рідкісних газів» спрямований на здобуття здобувачами вищої освіти знань про фізичні основи видобування інертних газів з атмосферного повітря, властивості багатокомпонентних сумішей та способи їх отримання, методи одержання чистих газів та газовий аналіз продуктів. 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, вивчення основних джерел, засобів виробництва і технологій переробки газових концентратів, отримання навичок створення та обслуговування установок, що використовуються при виробництві рідкісних газів.

Освітній компонент «Кріогенні технології здобування рідкісних газів» базується на знаннях, отриманих здобувачем вищої освіти в результаті вивчення освітніх компонент «Технічна термодинаміка», «Тепломасообмін», «Гідрогазодинаміка», «Кріогенні технології», «Вакуумна техніка», «Кріогенна техніка», та ін.

3. Мета освітнього компоненту

Метою викладання освітнього компоненту «Кріогенні технології здобування рідкісних газів» є надання здобувачам вищої освіти комплексних знань в галузі властивостей багатокомпонентних сумішей та методів одержання чистих газів, знайомство з установками для збагачення концентратів, методами одержання чистих газів та газовим аналізом продуктів.

4. Компетентності та програмні результати навчання

У результаті вивчення освітнього компоненту Кріогенні технології здобування рідкісних газів» здобувач вищої освіти отримує наступні програмні компетентності та програмні результати навчання, які визначені в [Стандарті вищої освіти зі спеціальності 142 «Енергетичне машинобудування»](#) та освітньо-професійній програмі [«Кріогенні технології виробництва, зрідження і транспортування природних газів»](#) підготовки магістрів.

Інтегральна компетентність

Здатність розв'язувати задачі дослідницького та/або інноваційного характеру у галузі енергетичного машинобудування

Загальні компетентності:

ЗК 1. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

Спеціальні (фахові, предметні) компетентності:

СК 2. Здатність критично осмислювати проблеми і перспективи розвитку у сфері енергетичного машинобудування та дотичних міждисциплінарних проблем

СК 3. Здатність аналізувати та комплексно інтегрувати сучасні знання з природничих, інженерних, суспільно-економічних та інших наук для розв'язання складних задач і проблем, пов'язаних з проектуванням та експлуатацією енергетичного і теплотехнологічного обладнання.

СК 4. Здатність аналізувати, оцінювати та застосовувати науково-технічну інформацію в галузі енергетичного машинобудування.

СК 10*. Здатність проводити аналіз конкурентних розробок та здійснювати техніко-економічне обґрунтування, організувати та виконувати наукові дослідження, пов'язані з впровадженням інноваційних проектів в галузі кріогенних технологій виробництва і зрідження природних газів

Програмні результати навчання:

РН 5. Створювати новітні технології та процеси і обґрунтовувати вибір обладнання та інструментів, з урахуванням обмежень в енергетичному машинобудуванні на основі сучасних знань в енергетичній та суміжних галузях.

РН 9. Формулювати та вирішувати інноваційні задачі галузі енергетичного машинобудування з урахуванням вимог до результатів, технічних стандартів, а також нетехнічних (суспільство, здоров'я і безпека, інтелектуальна власність, навколишнє середовище, економіка і виробництво) аспектів.

РН 14*. Впроваджувати інноваційні проекти у галузі кріогенних технологій здобування і зрідження природних газів

5. Інформаційний обсяг освітнього компоненту

5.1 Перелік лекційних завдань

Тема	Зміст теми	Кількість годин	
		денна	заочна
Змістовний модуль 1. Вступ до дисципліни. Інертні гази			
1	Джерела інертних газів. Властивості компонентів повітря. Галузі застосування рідкісних газів.	2	2
2	Ізохорний процес. Ізобарний процес. Ізотермічний процес. Рівняння стану ідеального газу. Закон Авогадро.	2	-
3	Фізичні основи змішування речовин. Отримання сумішей у вигляді стиснутого газу. Лабораторні способи змішування газів. Зміна концентрації газової суміші в установці.	2	2
4	Стисливість. Фазовий перехід пара-рідина в чистих речовинах. Фазова рівновага. Вологе повітря. Рівноважні стани у бінарних сумішах. Діаграми параметрів стану бінарних сумішей.	2	-
5	Потокова конденсація бінарної суміші у фазовому сепараторі. Устрій та принцип роботи дефлегматора. Безперервна ректифікація бінарної суміші. Типи ректифікаційних апаратів та основи розрахунку.	2	-
Змістовний модуль 2. Технології отримання рідкісних газів			
6	Сутність процесу та типи сорбентів. Теоретичні основи адсорбції чистої речовини. Адсорбція багатокомпонентних сумішей. Процеси періодичної сорбції в одиночному апараті. Організація безперервного очищення потоку. Устрій блоків адсорбційного очищення.	4	2

7	Загальні поняття про мембранні процеси. Фізичні основи баромембранного розділення бінарної суміші. Методи моделювання мембранного розділення суміші Ne-He-N ₂ .	2	-
8	Здобування і первинне збагачення концентратів. Остаточне очищення неон-гелієвої суміші. Розділення неон-гелієвої суміші методом ректифікації. Технологічна послідовність отримання легких інертних газів.	2	-
9	Класична технологія первинного концентрування. Вторинне збагачення продукту методом ректифікації. Адсорбційні технології здобування криптону та ксенону. Особливості отримання чистих криптону та ксенону.	2	-
Разом за ОК:		20	6

5.2 Перелік лабораторних робіт

№ з/п	Назва практичної роботи	Кількість годин	
		денна	заочна
1	Загальне знайомство з лабораторною базою кафедри. Техніка безпеки на виробництві рідкісних газів.	2	2
2	Основи приготування газових сумішей. Приготування Ne-He-N ₂ суміші заданої концентрації для подальшого дослідження.	2	-
3	Вивчення методів газового аналізу. Газовий аналіз Ne-He-N ₂ суміші.	2	2
4	Вивчення дефлегматора для первинного очищення неонгелієвої суміші від азоту.	2	-
5	Випробовування макетного зразку дефлегматора для первинного очищення неонгелієвої суміші від азоту.	2	-
6	Вивчення схеми та принципу дії газодинамічних охолоджувачів. Методи оцінки їх ефективності.	2	-
7	Випробування вихрового охолоджувача. Розрахунок температурного та адіабатного ККД.	2	-
Всього за ОК:		14	4

5.3 Перелік практичних робіт

№ з/п	Назва практичної роботи	Кількість годин	
		денна	заочна
1	Закони ідеального газу та основні процеси	2	2
2	Газові суміші	2	-
3	Реальні гази і газові суміші	2	-
4	Процеси та апарати для розділення газових сумішей конденсаційними методами	2	2
5	Застосування сорбційних технологій в криогенній техніці	2	-
6	Мембранне розділення газових сумішей	2	-
7	Технологічна послідовність отримання неону та гелію	2	-
8	Технології отримання криптону та ксенону	2	2
Всього за ОК:		16	6

5.4 Перелік завдань до самостійної роботи

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		денна	заочна
1	Вивчення системи остаточного очищення неонотелієвої суміші і контуру збереження неону.	15	20
2	Конденсаційні методи здобування рідкісних газів	10	14
3	Адсорбційні методи виділення та очищення рідкісних газів. Використання ректифікації в процесах отримання рідкісних газів	15	20
4	Випробовування макетного зразку адсорбера для остаточного очищення неонотелієвої суміші.	15	20
5	Ректифікація неонотелієвої суміші. Схема та складові частини установки, що містить колону ректифікації неону.	15	20
6	Вивчення комплексної схеми для здобування неону та гелію. Методи зниження втрат продуктів.	15	20
7	Збагачення азотно-криптонової суміші в ректифікаційній колоні.	15	20
Всього за ОК:		100	134

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
Змістовний модуль 1. Вступ до дисципліни. Інертні гази		
Лекційний курс*	5	5
Лабораторні роботи*	7	7
Практичні роботи*	8	8
Самостійна робота*	5	5
Тестування*	10	10
Всього за змістовний модуль 1	35	35

Змістовний модуль 2. Технології отримання рідкісних газів		
Лекційний курс*	5	5
Лабораторні роботи*	7	7
Практичні роботи*	8	8
Самостійна робота *	5	5
Тестування*	10	10
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 умінями 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, умінями й навичками, науковими термінами, демонструє низький рівень комунікативної культури	незадовільно

Лабораторні роботи (оцінювання однієї роботи)

Денна	Заочна		
1,5 – 2 балів	2,5 – 3,5 балів	Лабораторна робота відпрацьована та вчасно захищена, надані повні обґрунтовані відповіді	відмінно
1,0 – 1,4 балів	1,5 – 2,4 балів	Лабораторна робота відпрацьована та вчасно захищена, при відповіді допущені неточності	добре
0,5 – 0,9 балів	0,9 – 1,4 балів	Лабораторна робота відпрацьована, відповіді незадовільні, допущені грубі помилки	достатньо
0 – 0,4 балів	0 – 0,8 балів	Лабораторна робота не відпрацьована або дані незадовільні відповіді	незадовільно

Практичні роботи (оцінювання однієї роботи)

Денна	Заочна		
1,5 – 2 балів	2,0 – 2,67 балів	Практична робота відпрацьована та вчасно захищена, надані повні обґрунтовані відповіді	відмінно
1,0 – 1,4 балів	1,5 – 1,9 балів	Практична робота відпрацьована та вчасно захищена, при відповіді допущені неточності	добре
0,5 – 0,9 балів	0,9 – 1,4 балів	Практична робота відпрацьована, відповіді незадовільні, допущені грубі помилки	достатньо
0 – 0,4 балів	0 – 0,8 балів	Практична робота не відпрацьована або дані незадовільні відповіді	незадовільно

Лекційний курс

8 - 10 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
5 – 7,9 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
2 – 4,9 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
0-2 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 [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>
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=OdONAHT.2033458>.
3. 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" / M. Kravchenko ; Department of Cryogenic Engineering. — Odesa : ONAFT, 2022. — 105 p. — Електрон. текст. дані. <https://elc.library.ontu.edu.ua/library-w/DocumentDescription?docid=OdONAHT.1809359>.
4. 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>.
5. 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" / M. Kravchenko ; Department of Cryogenic Engineering. — Odesa : ONAFT, 2022. — 73 p. — Електрон. текст. дані. <https://elc.library.ontu.edu.ua/library-w/DocumentDescription?docid=OdONAHT.1809475>.
6. Технічна термодинаміка і теплообмін [Текст] : підручник / О. А. Вассерман, О. Г. Слинько. — Одеса : Фенікс, 2019. — 496 с. <https://elc.library.ontu.edu.ua/library-w/DocumentDescription?docid=OdONAHT.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 р. <https://elc.library.ontu.edu.ua/library-w/DocumentDescription?docid=OdONAHT-cnv.BibRecord.166505>.
2. 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>.
3. Balmer, R. (1990) Modern engineering thermodynamics. Elsevier Inc, 827. <https://elc.library.ontu.edu.ua/library-w/DocumentDescription?docid=OdONAHT.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

Завідувач кафедри



Юрій СИМОНЕНКО

ПОГОДЖЕНО:

Гарант ОП «Кріогенні технології виробництва,
Зрідження і транспортування природних газів»,
професор кафедри кріогенної техніки



Лариса МОРОЗЮК