

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



**СИЛАБУС ОBOB'ЯЗKOBOTO OCBITHЬOTO KOМПОНЕНТУ
«НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНІ ХОЛОДИЛЬНІ МАШИНИ»**

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»*,
галузі знань *14 «Електрична інженерія»*,
«19» вересня 2024 р. протокол № 1

Реєстраційний номер в навчальному відділі НЦООП

К 26-06

1. Загальна інформація

Кафедра: [Кріогенної техніки](#)

Викладач: [Соколовська-Єфименко Вікторія Вікторівна](#),

доцент кафедри т кріогенної техніки, кандидат
технічних наук

Профайл: **Контакти:**

kli24062006@gmail.com,

(048)-720-91-16



Освітній компонент «Низькотемпературні холодильні машини» викладається на першому курсі в першому семестрі для здобувачів денної та заочної форм навчання

Кількість: кредитів - 4, годин – 120

Аудиторні заняття, годин:	всього	лекції	практичні
денна	40	20	20
заочна	14	6	8
Самостійна робота, годин	Денна – 80		Заочна – 106

[Розклад занять](#)

2. Анотація освітнього компоненту

«Низькотемпературні холодильні машини» є заключним освітнім компонентом (ОК) фахової підготовки магістра, що створює інформаційну базу для використання у кваліфікаційній роботі та безпосередньо для практичної діяльності випускників на виробництві. Предметом компонента є вивчення термодинамічних принципів проектування низькотемпературних холодильних машин для перевезення і зберігання зріджених газів. Програмою освітнього компонента передбачено зв'язок з таких ОК як: «Технічна термодинаміка», «Тепломасообмін», «Гідрогазодинаміка», «Теоретичні основи холодильної техніки», «Холодильні машини», «Кріогенна техніка».

3. Мета освітнього компонента

Метою освітнього компонента «Низькотемпературні холодильні машини» – надання здобувачу ступеня магістра знань, навичок і умінь щодо проектування сучасних низькотемпературних холодильних машин для транспортування та зберігання зріджених природних газів у різних галузях промисловості. Основними завданнями освітнього компонента «Низькотемпературні холодильні машини» є формування у здобувача ступеня магістра з спеціальності 142 «Енергетичне машинобудування» комплексу теоретичних та практичних знань відносно дисципліни для прийняття обґрунтованих та економічно ефективних технічних рішень під час проектування низькотемпературних машин для роботи з зрідженими природними газами на засадах енергозбереження.

4. Компетентності та програмні результати навчання

У результаті вивчення освітнього компоненту «Низькотемпературні холодильні машини» 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

ІК-1. Здатність розв'язувати задачі дослідницького та/або інноваційного характеру у галузі енергетичного машинобудування.

Загальні компетентності (ЗК):

ЗК04. Здатність розробляти проекти та управляти ними

ЗК06*. Здатність приймати обґрунтовані рішення.

ЗК08*. Прагнення до збереження навколишнього середовища.

Спеціальні (фахові, предметні) компетентності:

СК01. Здатність застосовувати спеціалізовані концептуальні знання, що включають сучасні наукові здобутки в сфері енергетичного машинобудування.

СК04. Здатність аналізувати, оцінювати та застосовувати науково-технічну інформацію в галузі енергетичного машинобудування..

СК06.Здатність проектувати та експлуатувати енергетичне і теплотехнологічне обладнання.

СК09*. Здатність демонструвати та застосовувати передові знання в енергетичному машинобудуванні та засобах криогенної техніки і транспортування зріджених природних газів та перспектив їх розвитку.

СК10*. Здатність проводити аналіз конкурентних розробок та здійснювати техніко-економічне обґрунтування, організувати та виконувати наукові дослідження, пов'язані з впровадженням інноваційних проектів в галузі криогенних технологій виробництва і зрідження природних газів.

СК11.* Здатність готувати науково-технічні публікації та звіти за результатами виконаних досліджень в галузі криогенних технологій виробництва і зрідження природних газів.

Програмні результати навчання:

РН3. Знання і розуміння інженерних наук на рівні, необхідному для досягнення інших результатів освітньої програми, в тому числі певна обізнаність в останніх досягненнях.

РН4. Розуміння широкого міждисциплінарного контексту спеціальності 142 «Енергетичне машинобудування».

РН14*. Здатність розуміти інженерні технології, процеси, системи і обладнання відповідно до спеціальності 142 «Енергетичне машинобудування»; обирати і застосовувати придатні типові аналітичні, розрахункові та експериментальні методи; правильно інтерпретувати результати таких досліджень.

РН15*. 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.

5. Інформаційний обсяг освітнього компоненту

5.1 Перелік лекційних завдань

Тема	Зміст теми	Кількість годин	
		денна	заочна
Змістовний модуль 1. Термодинамічні характеристики зріджених газів			
1	Основи хімії газів. Теорія сумішей. Закони, що додержують їх вживання	6	1
2	Транспортні характеристики газів. Фізико-хімічні властивості і небезпеки зріджених газів	2	1
Разом за 1 модуль		8	2
Змістовний модуль 2. «Цикли і схеми низькотемпературних холодильних машин для повторного зрідження газів»			
1	Основи термодинаміки зріджених газів. Ідеальний газ. Газові закони. Розрахунок температури суміші рідкої фази вантажу	2	-
2	Схеми та цикли установок повторного зрідження газу.	10	4
Разом за 2 модуль		12	4
Разом з ОК:		20	6

5.2 Перелік практичних робіт

№ з/п	Назва практичної роботи	Кількість годин	
		денна	заочна
1	Класифікація вуглеводнів, їх будова і властивості. Типи хімічних зв'язків в органічних з'єднаннях. Способи зображення просторової будови молекул. Реакція вуглеводнів з водою - утворення гідратів.	4	-
2	Визначення параметрів стану вантажу заданої маси. Розрахунок температури суміші рідкої фази вантажу. Розрахунок тиску парів вантажу, по відомим молярним або ваговим складом суміші.	2	1
3	Розрахунок циклу одноступеневої установки повторного зрідження газу та часового проміжку необхідного для зниження температури вантажу.	2	-
4	Розрахунок циклу двоступеневої установки повторного зрідження газу та часового проміжку необхідного для зниження температури вантажу.	2	1
5	Розрахунок циклу каскадної установки повторного зрідження газу та часового проміжку необхідного для зниження температури вантажу.	2	2
6	Розрахунок циклу установки повторного зрідження газу, яка працює по зворотному циклу Брайтона.	4	2
7	Розрахунок циклу установки повторного зрідження метану, яка працює на багатокомпонентній суміші.	4	2
Разом з ОК		20	8

5.3 Перелік завдань до самостійної роботи

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		денна	заочна
1	Опрацювання лекційного матеріалу: . «Фізико-хімічні властивості і небезпеки зріджених газів»	5	10
2	Підготовка до практичних робіт: Вирішення задач на тему "Основи хімії газів"	5	10
3	Опрацювання лекційного матеріалу: « Основи термодинаміки зріджених газів». Підготовка до практичних робіт: : вирішення задач.	5	10
4	Опрацювання лекційного матеріалу:» Схеми та цикли установок повторного зрідження газу».	15	30
5	Опрацювання матеріалу практичних робіт: «Розрахунок циклів установок повторного зрідження LPG, етану, LNG/	10	18
6	Опрацювання тем, не винесених на лекції: «Схеми и цикли установок повторного зрідження CO ₂ »	10	20
7	Огляд технічних періодичних видань з питань сучасних установок повторного зрідження на суднах-газовозах.	30	10
Разом з ОК:		80	106

6. Система оцінювання та вимоги

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

Вхідний контроль якості навчання здійснюється на початку курсу проведенням перевірки залишкових знань студентів з дисциплін, що забезпечують вивчення даної дисципліни (діагностика первинних знань здобувачів).

Формами поточного контролю є:

- тестування знань здобувачів з певних тем або з певних окремих питань дисципліни;
- усне опитування
- виконання і захист практичних робіт.

Підсумковий контроль – *екзамен*

Нарахування балів:

Вид роботи, що підлягає контролю	Максимальна кількість оціночних балів	
	денна	заочна
Змістовний модуль 1. Термодинамічні характеристики зріджених газів		
Лекційний курс*	5	5
Практичні роботи*	15	15
Самостійна робота*	5	5
Тестування*	10	10
Всього за змістовний модуль 1	35	35
Змістовний модуль 2. Цикли і схеми низькотемпературних холодильних машин для повторного зрідження газів		
Лекційний курс*	7	7
Практичні роботи*	13	13
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

Лекційний курс

8 - 12 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

Практичні роботи (оцінювання однієї роботи)

Денна	Заочна		
3,5 - 4 балів	4,5 – 5,6 балів	Практична робота відпрацьована та вчасно захищена, надані повні обґрунтовані відповіді	відмінно
3,0 - 3,4 балів	3,0 - 4,4 балів	Практична робота відпрацьована та вчасно захищена, при відповіді допущені неточності	дуже добре
2,5 – 2,9 балів	2,5 – 2,9 балів	Практична робота відпрацьована, відповіді неповні, допущені помилки	добре
2,1 – 2,4 балів	2,1 – 2,4 балів	Практична робота відпрацьована, відповіді незадовільні, допущені грубі помилки	достатньо
0-2 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

Тестування (у рамках одного модулю)

9 - 10 балів	90 - 100 % правильних відповідей	відмінно
8 – 8,9 балів	74 – 89% правильних відповідей	дуже добре
7 – 7,9 балів	60 – 73% правильних відповідей	добре
5 – 6,9 балів	35 – 59 % правильних відповідей	достатньо
0 – 4,9балів	0-35 % правильних відповідей	незадовільно

7. Засоби діагностики успішності навчання

Методи навчання, які використовуються у процесі проведення занять, а також самостійних робіт за освітнім компонентом:

- наочні: ілюстративний, та демонстраційний матеріал;
- інтерактивні: використання комп'ютерної техніки, офісних і спеціалізованих програм під час проведення лекцій, практичних занять ;
- словесні: лекції у традиційному їх викладі;
- практичні: практична робота, з виконанням завдань згідно вимогам освітнього компоненту.

8. Інформаційні ресурси

Базові (основні):

1. Техніка і технологія транспортування та зберігання зріджених газів (Основи теорії та розрахунку циклів транспортних низькотемпературних машин) [Електронний ресурс] : навч. посіб. до практ. занять та самост. роботи / Л. І. Морозюк, В. В. Соколовська-Єфименко, А. В. Мошкатюк ; Одес. нац. технол. ун-т, Каф. кріогенної техніки. — Одеса: ОНТУ, 2022. — 98 с. — Електрон. Текст. <https://elc.library.ontu.edu.ua/library-w/DocumentDescription?docid=OdONAHT.1813689>
2. Морозюк Л.І., Соколовська-Єфименко В.В, Гайдук С.В., Грудка Б.Г. Холодильні машини спеціального призначення: посібник до практичної та самостійної роботи. – Одеська національна академія харчових технологій, 2018. – 45 с. <https://elc.library.ontu.edu.ua/library-w/DocumentDescription?docid=OdONAHT.1591309>
3. Морозюк Л.І., Соколовська-Єфименко В.В, Гайдук С.В., Грудка Б.Г. Сучасні тепловикористальні холодильні машини: конспект лекцій та посібник для самостійної роботи. – Одеська національна академія харчових технологій, 2018. – 71 с. <https://elc.library.ontu.edu.ua/library-w/DocumentDescription?docid=OdONAHT.1591179>
4. 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. ISBN 978-966-657-857-3. <https://elc.library.ontu.edu.ua/library-w/DocumentDescription?docid=OdONAHT.2033458>
5. 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 p. — Електрон. текст. дані. <https://elc.library.ontu.edu.ua/library-w/DocumentDescription?docid=OdONAHT.1809359>

Додаткові (за наявності):

1. Суднова холодильна техніка [Текст] : підручник / В. О. Загоруйко, О. А. Голіков ; під заг. ред. В. О. Загоруйка. — Київ : Наук. думка, 2002. — 607 с + Додаток 5. Теплові h-Igp-діаграми робочих речовин. Мова: Українська Шифр: 621.56/.59(075) <https://elc.library.ontu.edu.ua/library-w/DocumentDescription?docid=OdONAHT-cnv.BibRecord.31017>
2. Morozyuk, Larisa, Boris Kosoy, Viktoriia Sokolovska-Yefymenko, and Volodymyr Ierin. 2022. "Analysis of Mixing Processes of LPG Gases in Tanks When Transporting by Sea" *Dynamics* 2022, 2, 219-233. <https://doi.org/10.3390/dynamics2030011>
3. Bejan A. , Tsatsaronis G. , Moran M. Thermal Design and Optimization: monograph. New York: John Wiley & Sons, 1996. 540.
4. Kwak, Dong-Hun & Heo, Jeong-Ho & Park, Seung-Ha & Seo, Seok-Jang & Kim, Jin-Kuk. (2018). Energy-efficient design and optimization of boil-off gas (BOG) Re-liquefaction process for LNG-fuelled ship. *Energy*. 148. 10.1016/j.energy.2018.01.154.
5. Sung-Eun Kim, Heewon Hwang, Younghun Kim, Sangmin Park, Kiil Nam, Jinsang Park, and In-Beum Lee Operational Optimization of Onboard Reliquefaction System for Liquefied

- Natural Gas Carriers Industrial & Engineering Chemistry Research 2020 59 (23), 10976-10986
DOI: 10.1021/acs.iecr.0c00358
6. Tan, Hongbo & Shan, Siyu & Nie, Yang & Zhao, Qingxuan. (2018). A new boil-off gas re-liquefaction system for LNG carriers based on dual mixed refrigerant cycle. Cryogenics. 92. 10.1016/j.cryogenics.2018.04.009.
 7. Yaws, C.L., 2014. Thermophysical Properties of Chemicals and Hydrocarbons: Second Edition. Thermophysical Properties of Chemicals and Hydrocarbons: Second Edition, 1-991
 8. Saputra, S., Supramono, D., 2019. Optimization of Propane Reliquefaction Cycle in LPG Plant. 2019 IEEE International Conference on Innovative Research and Development (ICIRD), Jakarta, Indonesia, 28-30 June. pp. 1-6
 9. Balmer, R. (1990) Modern engineering thermodynamics. Elsevier Inc, 827.
 10. Hongbo Tan, Yang Zhang, Siyu Shan, Qingxuan Zhao, Comparative study of boil-off gas re-liquefaction processes for liquid ethylene vessels, Journal of Marine Science and Technology, 10.1007/s00773-018-0547-1, 24, 1, (209-220), (2018)..
 11. Nanowski, D., The Influence of Incondensable Gases on the Refrigeration Capacity of The Reliquefaction Plant During Ethylene Carriage by Sea, Journal of KONES Powertrain and Transport, No. 3, pp. 359-364, 2016.
 12. Lee, D.-H., Ha, M.-K., Kim, S.-Y., Shin, S.-C., 2014. Research of design challenges and new technologies for floating LNG. International Journal of Naval Architecture and Ocean Engineering 6, 307-32
 13. Конспект лекцій з дисципліни "Транспортування та збереження зрідженого природного газу" [Електронний ресурс] : для студентів спец. 185 "Нафтогазова інженерія та технології" ден. та заоч. форм навчання / Т. В. Дьяченко. — Одеса : ОНАХТ, 2021. — 107 с. — Електрон. текст. дані. <https://elc.library.ontu.edu.ua/library-w/DocumentDescription?docid=OdONAHNT.1581825>

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



Вікторія СОКОЛОВСЬКА-ЄФИМЕНКО

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