

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



**СИЛАБУС ВИБІРКОВОГО ОСВІТНЬОГО КОМПОНЕНТУ
«ТЕРМОДИНАМІЧНИЙ АНАЛІЗ ДІЙСНИХ ЦИКЛІВ»**

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»*
«07» вересня 2023 р. протокол № 2.

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 «Термодинамічний аналіз дійсних циклів» викладається на першому курсі у другому семестрі для 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

Освітній компонент «Термодинамічний аналіз дійсних циклів» є заключною дисципліною фахової підготовки магістра, що створює базу для використання у дипломному проектуванні та безпосередньо для практичної діяльності випускників на виробництві. Предметом вивчення навчальної дисципліни є термодинамічні принципи та аналіз холодильних машин та теплових насосів. Основними завданнями вивчення дисципліни «Термодинамічний аналіз дійсних циклів» є теоретична підготовка студента як складова частина його професійної компетентності.

Освітній компонент «Термодинамічний аналіз дійсних циклів» базується на знаннях, отриманих здобувачем вищої освіти в результаті вивчення освітніх компонент «Технічна термодинаміка», «Тепломасообмін», «Гідрогазодинаміка», «Теоретичні основи холодильної техніки», «Холодильні машини», «Холодильні установки», «Кондиціонування повітря» та ін.

3. Мета освітнього компоненту

Метою викладання освітнього компоненту «Термодинамічний аналіз дійсних циклів» є формування у здобувача ступеня магістра об'єму базових теоретичних знань та практичних навичок у галузі термодинамічного аналізу холодильних машин та систем тригенерації малої енергетики. У результаті вивчення освітнього компоненту «Термодинамічний аналіз дійсних циклів» здобувач може виконувати термодинамічний аналіз циклу будь-якої компресорної холодильної машини і теплового насоса, надати рекомендації щодо підвищення ефективності та зниження витрат енергії; виконувати термодинамічний аналіз циклу будь-якої тепловикористальної холодильної машини і теплового насоса, надати рекомендації щодо підвищення ефективності та зниження витрат енергії; виконувати порівняльні розрахунки будь-яких типів холодильних машин і теплових насосів на базі термодинамічного аналізу

4. Компетентності та програмні результати навчання

У результаті вивчення освітнього компоненту «Термодинамічний аналіз дійсних циклів» 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.

ЗК 2. Здатність спілкуватися іноземною мовою.

ЗК 3. Здатність спілкуватися з представниками інших професійних груп різного рівня (з експертами з інших галузей знань/видів економічної діяльності).

ЗК 4. Здатність розробляти проекти та управляти ними.

ЗК 5. Здатність працювати в міжнародному контексті

Спеціальні (фахові, предметні) компетентності:

СК 1. Здатність застосовувати спеціалізовані концептуальні знання, що включають сучасні наукові здобутки в сфері енергетичного машинобудування.

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 5. Здатність розробляти та впроваджувати інноваційні проекти і програми, забезпечувати конкурентоздатність продукції, здійснювати техніко-економічне обґрунтування проектів у галузі енергетичного машинобудування.

СК 6. Здатність проектувати та експлуатувати енергетичне і теплотехнологічне обладнання.

СК 7. Здатність приймати ефективні рішення з виробництва і експлуатації енергетичного та теплотехнологічного обладнання з урахуванням вимог щодо якості, екологічності, надійності, конкурентноздатності та охорони праці.

СК 8. Здатність до усвідомлення принципів та норм академічної доброчесності.

Програмні результати навчання:

РН 1. Застосовувати спеціалізовані концептуальні знання, що включають сучасні наукові здобутки, а також критичне осмислення сучасних проблем у галузі енергетичного машинобудування для розв'язування складних задач професійної діяльності.

РН 2. Здійснювати пошук необхідної інформації у науково-технічній і патентній літературі, базах даних, інших джерелах з технологій і процесів у галузі енергетичного машинобудування, на їх основі, систематизувати, аналізувати та оцінювати відповідну інформацію.

РН 3. Формулювати і розв'язувати складні інженерні, виробничі та/або дослідницькі задачі під час проектування, виготовлення і експлуатації енергетичного обладнання та створення конкурентоспроможних розробок, втілення результатів у інноваційних проектах.

РН 4. Розробляти і реалізовувати проекти у галузі енергетичного машинобудування та пов'язані з нею міждисциплінарні проекти з урахуванням технічних, економічних, правових, соціальних та екологічних аспектів.

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 6. Використовувати методи моделювання, а також методи експериментальних досліджень з метою детального вивчення тепло- і масообмінних, гідравлічних та інших процесів, які відбуваються в технологічному обладнанні та об'єктах енергетичного машинобудування.

РН 7. Приймати ефективні рішення з інженерних та управлінських питань у галузі енергетичного машинобудування в складних і непередбачуваних умовах, у тому числі із застосуванням сучасних методів та засобів оптимізації, прогнозування та прийняття рішень.

РН 8. Розробляти, обирати та застосовувати ефективні розрахункові методи розв'язання складних задач енергетичного машинобудування.

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 10. Вільно спілкуватися державною та іноземною мовами усно і письмово для обговорення професійних проблем і результатів досліджень та інновацій.

РН 11. Презентувати результати досліджень та інновацій, зрозуміло і недвозначно доносити власні знання, висновки та аргументацію до фахівців і нефаківців.

РН 12. Здійснювати ефективний захист інтелектуальної власності у галузі енергетичного машинобудування.

РН 13. Управляти складними робочими процесами у галузі енергетичного машинобудування, у тому числі такими, що є непередбачуваними та потребують нових стратегічних підходів

5. Інформаційний обсяг освітнього компоненту

5.1 Перелік лекційних завдань

Тема	Зміст теми	Кількість годин	
		денна	заочна
Змістовний модуль 1. Методи класичної термодинаміки			
1	Історична довідка розвитку термодинамічного аналізу дійсних циклів. Напрями та перспективи розвитку методів термодинамічного аналізу за останні роки. Внесок та досягнення вітчизняних та світових фахівців, внесок до світової науки вчених ОДАХ. Оцінки незворотностей. Еквівалентні та відповідні цикли. Середньопланіметричні температури.	2	-
2	Термодинамічні зразки для дійсних циклів енергоперетворювальних систем. Зовнішні та внутрішні незворотності в оборотних циклах термотрансформаторів. Термодинамічні зразки для дійсних циклів тепловикористальних холодильних машин. Зовнішні та внутрішні незворотності тепловикористальних термотрансформаторів. Вплив граничних температур циклу на його ефективність	4	2
3	Порівняння циклів тепловий заряд циклу, габарит циклу, інтервал тисків. Порівняння тепла з різним температурним потенціалом. Цикли за підтриманням постійної температури.	4	2
Змістовний модуль 2. Методи прикладної термодинаміки			
4	Методи термодинамічного аналізу, що базуються на Другому Законі термодинаміки. «Метод циклів». Ентропійно-цикловий метод. Метод ентропійно-статистичний	5	2
5	Метод «мінімізації виробництва ентропії» Ексергетичний аналіз як база сучасного термодинамічного аналізу. Перспективи, досягнення, проблеми розрахунків	5	-
Разом за ОК:		20	6

5.2 Перелік практичних робіт

№ з/п	Назва практичної роботи	Кількість годин	
		денна	заочна
1	Розв'язання задач з термодинамічного аналізу енергетичної досконалості зворотних циклів.	2	2
2	Визначення середньопланіметричних температур циклів з різною теплоємністю в процесах підведення і відведення тепла	2	2
3	Порівняльний термодинамічний аналіз за умови: визначити габарити циклу, визначити інтервал тисків, визначити заряд циклів.	2	-
4	Визначення зовнішніх незворотностей у оборотних циклах та їх вплив на термодинамічну досконалість циклу.	2	-
5	Синтез схемно-циклового рішення дійсної холодильної машини з двома температурами виробництва холода методом циклів	2	-
6	Розрахунок незворотностей в циклі одноступеневої холодильної машини «ентропійно-цикловим методом»	4	2
7	Розрахунок незворотностей в циклі одноступеневої холодильної машини «ентропійно-статистичним методом»	2	-
8	Розрахунок незворотностей в теплообмінних апаратах одноступеневих холодильних машин методом «мінімізації виробництва ентропії». Розрахунок втрат ексергії в теплообмінних апаратах.	4	2
Всього за ОК:		20	8

5.3 Перелік завдань до самостійної роботи

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		денна	заочна
1	Відомості щодо традиційних принципів і методів термодинамічного аналізу дійсних циклів будь-яких холодильних машин	15	20
2	Відомості щодо традиційних принципів і методів термодинамічного аналізу дійсних циклів будь-яких теплових насосів	15	22
3	Відомості щодо сучасних принципів і методів термодинамічного аналізу дійсних циклів будь-яких холодильних машин	15	22
4	Відомості щодо сучасних принципів і методів термодинамічного аналізу дійсних циклів будь-яких теплових насосів	15	20
5	Відомості щодо сучасних напрямків підвищення ефективності дійсних циклів холодильних машин і теплових насосів що базуються на термодинамічному аналізі	20	22
Всього за ОК:		80	106

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 робіт;*
- *усне опитування;*
- *тощо.*

Підсумковий контроль – **екзамен.**

Нарахування балів:

Вид роботи, що підлягає контролю	Максимальна кількість оціночних балів	
	денна	заочна
Змістовний модуль 1. Методи класичної термодинаміки		
Лекційний курс*	7	7
Практичні роботи*	18	18
Самостійна робота*	5	5
Тестування*	5	5
Всього за змістовний модуль 1	35	35
Змістовний модуль 2. Методи прикладної термодинаміки		
Лекційний курс*	7	7
Практичні роботи*	18	18
Самостійна робота *	5	5
Тестування*	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 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, уміннями й навичками, науковими термінами, демонструє низький рівень комунікативної культури	незадовільно
------------	---	--------------

Лекційний курс

10 - 14 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 – 9,9 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		
4,0 – 4,5 балів	6,6 – 9,0 балів	Практична робота відпрацьована та вчасно захищена, надані повні обґрунтовані відповіді	відмінно
3,5 – 3,9 балів	4,5 – 6,5 балів	Практична робота відпрацьована та вчасно захищена, при відповіді допущені неточності	дуже добре
2,5 – 3,4 балів	2,5 – 4,4 балів	Практична робота відпрацьована, відповіді неповні, допущені помилки	добре
1,1 – 2,4 балів	1,1 – 2,4 балів	Практична робота відпрацьована, відповіді незадовільні, допущені грубі помилки	достатньо
0-1 балів	0-1 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)

4,0 – 5,0	90 - 100 % правильних відповідей	відмінно
3,0 – 3,9	74 – 89% правильних відповідей	дуже добре
2,0 – 2,9	60 – 73% правильних відповідей	добре
1,0 – 1,9	35 – 59 % правильних відповідей	достатньо
0 – 0,9	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

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. Проектування поршневого компресора холодильних машин та теплових насосів [Електронний ресурс]: посібник для самост. роботи : для здобувачів вищої освіти за спец. 142 "Енергетичне машинобудування" / Л. І. Морозюк, В. В. Соколовська-Єфименко, Б. Г. Грудка, А. В. Мошкатюк ; Одес. нац. акад. харч. технологій. — Одеса, 2021. — Електрон. текст. дані: 113 с.

<https://elc.library.ontu.edu.ua/library-w/DocumentDescription?docid=OdONAHТ.1651578>

2. Теоретичні основи холодильної техніки [Електронний ресурс] : конспект лекцій. Ч. 1 / Л. І. Морозюк, В. В. Соколовська-Єфименко, Б. Г. Грудка, А. В. Мошкатюк ; Одес. нац. акад. харч. технологій, Навч.-наук. ін-т холоду, кріотехнологій та екоенергетики ім. В.С. Мартиновського. — Одеса, 2021. — 120 с.

<https://elc.library.ontu.edu.ua/library-w/DocumentDescription?docid=OdONAHТ.1646899>

3. Теоретичні основи холодильної техніки [Електронний ресурс] : конспект лекцій. Ч. 2 / Л. І. Морозюк, В. В. Соколовська-Єфименко, Б. Г. Грудка, А. В. Мошкатюк ; Одес. нац. акад. харч. технологій, Навч.-наук. ін-т холоду, кріотехнологій та екоенергетики ім. В.С. Мартиновського. — Одеса, 2021. — 77 с.

<https://elc.library.ontu.edu.ua/library-w/DocumentDescription?docid=OdONAHТ.1647003>

4. Вассерман, О. А. Технічна термодинаміка і теплообмін : підручник / О. А. Вассерман, О. Г. Слинько. - Одеса : Фенікс, 2019. - 496 с.

<https://elc.library.ontu.edu.ua/library-w/DocumentDescription?docid=OdONAHТ.1596075>

5. Арсеньєв, В. М. Методи термодинамічного аналізу термомеханічних систем: основи теорії, приклади та завдання : підручник / В. М. Арсеньєв, С. О. Шарапов. — Суми : СумДУ, 2022. — 322 с.

<https://elc.library.ontu.edu.ua/library-w/DocumentDescription?docid=OdONAHТ.2059345>

Додаткові:

1. Сучасні тепловикористальні холодильні машини [Електронний ресурс] : конспект лекцій та посібник для самост. роботи : для студентів спец. 142 "Енергетичне машинобудування" / Л. І. Морозюк, В. В. Соколовська-Єфименко, С. В. Гайдук, Б. Г. Грудка ; Одес. нац. акад. харч. технологій. — Одеса, 2018. — Електрон. текст. дані: 71 с.
<https://elc.library.ontu.edu.ua/library-w/DocumentDescription?docid=OdONAHТ.1591179>
2. Холодильні машини спеціального призначення [Електронний ресурс] : навч. посіб. до практ. занять та самост. роботи : для студентів спец. 142 "Енергетичне машинобудування" / Л. І. Морозюк, В. В. Соколовська-Єфименко, С. В. Гайдук, Б. Г. Грудка ; Одес. нац. акад. харч. технологій. — Одеса, 2018. — Електрон. текст. дані: 45 с.
<https://elc.library.ontu.edu.ua/library-w/DocumentDescription?docid=OdONAHТ.1591309>
3. Драганов Б.Х. та ін. Теплотехніка. Підручник. — 2-е вид., перероб. і доп. — Київ: Фірма «ІНКОС», 2005. — 400 с. — ISBN: 966-8347-12-9
<https://elc.library.ontu.edu.ua/library-w/DocumentDescription?docid=OdOAH.BibRecord.43601>
4. Balmer, R. (1990) Modern engineering thermodynamics. Elsevier Inc, 827.
<https://elc.library.ontu.edu.ua/library-w/DocumentDescription?docid=OdONAHТ.2154668>
5. Морозюк Т.В. Теорія холодильних машин та теплових насосів. — Одеса: Студія "Негоціант", 2006. — 712 с.
6. Мартиновський В. С. Аналіз дійсних термодинамічних циклів. — М.: Енергія, 1972. — 216 с.
7. Гохштейн Д. П. Сучасні методи термодинамічного аналізу енергетичних установок: на правах рукопису / Одеський технологічний інститут ім. М. В. Ломоносова. — Одеса, 1967. — 333 с.

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 2023 р. № 1

Завідувач кафедри



Юрій СИМОНЕНКО

ПОГОДЖЕНО:

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



Лариса МОРОЗЮК