

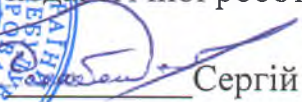
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ КОРАБЛЕБУДУВАННЯ
імені адмірала Макарова
ФАКУЛЬТЕТ МОРСЬКОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ЦЕНТР МОРСЬКОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ

Код РПНД Т95025



ЗАТВЕРДЖЕНО

Проректор з науково-
педагогічної роботи

 Сергій СЛОБОДЯН

**Розроблення і дослідження методів комбінованого виробництва
теплоти та електричної енергії**

**Development and Research of Combined Heat and Power
Production Methods**

рівень вищої освіти: третій (освітньо-науковий)

тип дисципліни: обов'язкова

мова(и) викладання: українська

Миколаїв – 2025

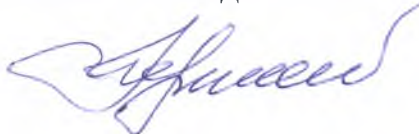
Робоча програма навчальної дисципліни "Розроблення і дослідження методів комбінованого виробництва теплоти та електричної енергії" є однією із складових комплексної підготовки фахівців галузі знань G Інженерія, виробництво та будівництво за спеціальністю G4 Енерговиробництво (за спеціалізацією), освітньої-наукової програми "Теплоенергетика".

Розробник:

Кузнецов В.В. д.т.н., доцент, доцент кафедри ТТ та СПУ, Шевцов А.П. д.т.н., професор, професор Навчально-наукового Центру морської інфраструктури.

Проект робочої програми навчальної дисципліни "Розроблення і дослідження методів комбінованого виробництва теплоти та електричної енергії" розглянуто на засіданні Навчально-наукового Центру морської інфраструктури. Протокол № 9 від 9 квітня 2025 р.

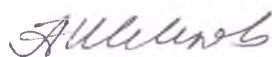
Керівник Центру



Юрій ХАРИТОНОВ

Проект робочої програми навчальної дисципліни "Розроблення і дослідження методів комбінованого виробництва теплоти та електричної енергії" узгоджено з гарантом освітньої програми.

Гарант освітньої програми



Анатолій ШЕВЦОВ

Проект робочої програми навчальної дисципліни "Розроблення і дослідження методів комбінованого виробництва теплоти та електричної енергії" розглянуто Методичною радою Машинобудівного навчально-наукового інституту. Протокол № 3 від 14 квітня 2025р.

Голова

Сергій СЕРБІН

Проект робочої програми навчальної дисципліни "Розроблення і дослідження методів комбінованого виробництва теплоти та електричної енергії" погоджено з навчальним відділом.

Начальник відділу



Андрій ЛАБАРТКАВА

Робоча програма навчальної дисципліни "Розроблення і дослідження методів комбінованого виробництва теплоти та електричної енергії" затверджена Навчально-методичною радою НУК. Протокол № 4 від 23 квітня 2025 р.

Голова НМР НУК



Сергій СЛОБОДЯН

Зміст

Вступ	4
1. Опис навчальної дисципліни	5
2. Мета вивчення навчальної дисципліни	6
3. Передумови для вивчення дисципліни	6
4. Очікувані результати навчання	6
5. Програма навчальної дисципліни	8
6. Методи навчання, засоби діагностики результатів навчання та методи їх демонстрування	11
7. Форми поточного та підсумкового контролю	12
8. Критерії оцінювання результатів навчання	14
9. Інструменти, обладнання та програмне забезпечення, використання яких передбачає навчальна дисципліна	14
10. Рекомендовані джерела інформації	15

ВСТУП

Анотація

Навчальна дисципліна "Розроблення і дослідження методів комбінованого виробництва теплоти та електричної енергії" є основою сукупності знань та вмінь щодо розв'язання комплексних проблем у сфері теплоенергетики на основі системного наукового світогляду та загального технічного кругозору із дотриманням принципів правових, економічних та організаційних засад. Завданням вивчення навчальної дисципліни є засвоєння наступного: виконувати оригінальні дослідження, досягати наукові результати, які створюють нові знання у сфері теплоенергетики та дотичних до неї міждисциплінарних напрямках; отримати передові концептуальні та методологічні знання з теплоенергетики і на межі предметних галузей, а також дослідницькі навички, достатні для проведення наукових і прикладних досліджень на рівні останніх світових досягнень з теплоенергетики, отримання нових знань та/або здійснення інновацій; досвід основних аспектів впровадження та супроводження проектів при інноваційної діяльності на об'єктах морської інфраструктури.

Ключові слова: когенерація, теплота, електрична енергія, теплові двигуни, газотурбінні, поршневі, паротурбінні.

Abstract

The academic discipline "Development and Research of Combined Heat and Power Production Methods" is the basis of the knowledge and skills set for solving complex problems in the field of heat power engineering, which is based on a systematic scientific worldview and general technical outlook in compliance with legal, economic and organizational principles. The objectives of the discipline are: to perform original research; to achieve scientific results that create new knowledge in the field of heat power engineering and related to it interdisciplinary areas; to acquire advanced conceptual and methodological knowledge in heat power engineering and on the border of subject areas, also the research skills sufficient to conduct scientific and applied research at the level of the latest world achievements in heat power engineering; gaining new knowledge and/or implementing innovations; experience in the main aspects of project implementation and support in innovative activities at maritime infrastructure facilities.

Key words: cogeneration, heat energy, electric energy, heat engines, gas-turbine, piston, steam-turbine.

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність (освітня програма), освітній рівень	Характеристика навчальної дисципліни			
		Денна форма навчання		Заочна форма навчання	
Кількість кредитів – 6	Галузь знань: 14 Електрична інженерія	Обов'язкова			
Модулів – 1	Спеціальність: 144 Теплоенергетика (освітньо-наукова програма Теплоенергетика)	Рік підготовки:			
Змістових модулів – 4		2-й		2-й	
Електроний адрес РПНД на сайті Університету:					
Загальна кількість годин – 180		Семестри			
		3-й,	4-й	3-й	4-й
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 4; самостійної роботи аспіранта – 8	Освітній рівень: третій (освітньо-науковий)	Лекції			
			30год		30 год
		Практичні заняття			
			30год		30год
		Самостійна робота			
			120 год		120 год
		Індивідуальні завдання			
		–		–	
		Вид контролю: екзамен			
		Форма контролю: усна / письмова			

2. Мета вивчення навчальної дисципліни

Мета – Підготовка фахівців, здатних продукувати нові ідеї, розв'язувати комплексні проблеми, здійснювати власні наукові дослідження у сфері теплоенергетики..

Вивчення навчальної дисципліни "Розроблення і дослідження методів комбінованого виробництва теплоти та електричної енергії" формує у аспірантів відповідно до освітньо-наукової програми такі компетентності:

ЗК03. Здатність розв'язувати комплексні проблеми у сфері теплоенергетики на основі системного наукового світогляду та загального культурного кругозору із дотриманням принципів професійної етики та академічної доброчесності.

СК01. Здатність виконувати оригінальні дослідження, досягати наукові результати, які створюють нові знання у сфері теплоенергетики та дотичних до неї міждисциплінарних напрямках.

СК04. Здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми дослідницького характеру у сфері теплоенергетики, оцінювати та забезпечувати якість виконуваних досліджень.

СК05. Здатність ініціювати, розробляти і реалізовувати комплексні інноваційні проекти в теплоенергетиці та дотичні до неї міждисциплінарні проекти, лідерство під час їх реалізації.

СК06. Здатність ініціювати, розробляти і супроводжувати комплексні інноваційні енергетичні проекти з урахуванням всіх аспектів їх розташування на об'єктах морської інфраструктури.

3. Передумови для вивчення дисципліни

Передумов для вивчення дисципліни не передбачено

4. Очікувані результати навчання

Вивчення навчальної дисципліни передбачає формування та розвиток у аспірантів таких програмних результатів навчання:

РН01. Мати передові концептуальні та методологічні знання з теплоенергетики і на межі предметних галузей, а також дослідницькі навички, достатні для проведення наукових і прикладних досліджень на рівні останніх світових досягнень з теплоенергетики, отримання нових знань та/або здійснення інновацій.

РН05. Планувати і виконувати експериментальні та/або теоретичні дослідження з теплоенергетики та дотичних міждисциплінарних напрямів з використанням сучасних інструментів, критично аналізувати результати власних досліджень і результати інших дослідників у контексті усього комплексу сучасних знань щодо досліджуваної проблеми.

РН09 Розуміння основних аспектів впровадження та супроводження проектів при інноваційної діяльності на об'єктах морської інфраструктури.

5. Програма навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1. Правові, економічні та організаційні засади підвищення ефективності використання палива в процесах виробництва енергії, теплоти та технологічних процесах.

Тема 1.1. Законодавство про комбіноване виробництво теплової і електричної енергії (когенерацію) та використання скидного енергетичного потенціалу.

Тема 1.2. Особливості використання і експлуатації когенераційних установок.

Тема 1.3. Організаційне забезпечення діяльності у сфері використання когенераційних установок.

Змістовий модуль 2. Когенераційні технології та реалізуючи їх теплові схеми.

Тема 2.1 Енергетичні показники когенераційних установок.

Тема 2.2. Оптимізація структури та експлуатаційних режимів когенераційних систем.

Тема 2.3. Утилізаційні та скидні схеми когенерації.

Тема 2.4. Різновиди когенераційних технологій.

Тема 2.5. Модернізація систем теплопостачання.

Змістовий модуль 3. Когенераційні системи з тепловими двигунами.

Тема 3.1. Когенераційні установки на основі газотурбінних двигунів.

Тема 3.2. Когенераційні установки на основі паро газотурбінних установок.

Тема 3.3. Когенераційні установки на основі газопоршневих двигунів.

Тема 3.4. Когенераційні установки на основі двигунів зовнішнього згоряння.

Тема 3.5. Когенераційні установки на основі парових турбін.

Змістовий модуль 4. Електро-хімічні генератори в когенераційних системах.

Тема 4.1. Паливно-елементні модулі.

Тема 4.2. Когенераційні установки з паливно-елементними генераторами.

Тематичний план навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин				
	усього	у тому числі			
		лекції	практ. р	лаб. р.	самост.р.
1	2	3	4	5	6
Модуль 1. Розроблення і дослідження методів комбінованого виробництва теплоти та електричної енергії					
Змістовий модуль 1 Правові, економічні та організаційні засади підвищення ефективності використання палива в процесах виробництва енергії, теплоти та технологічних процесах..					
Тема 1.1. Законодавство про комбіноване виробництво теплової і електричної енергії (когенерацію) та використання скидного енергетичного потенціалу.	12	2	2		8
Тема 1.2. Особливості використання і експлуатації когенераційних установок.	12	2	2		8
Тема 1.3. Організаційне забезпечення діяльності у сфері використання когенераційних установок.	12	2	2		8
Разом за змістовим модулем 1	36	6	6		24
Змістовий модуль 2. Когенераційні технології та реалізуючи їх теплові схеми.					
Тема 2.1 Енергетичні показники когенераційних установок.	12	2	2		8
Тема 2.2. Оптимізація структури та експлуатаційних режимів когенераційних систем.	12	2	2		8
Тема 2.3. Утилізаційні та скидні схеми когенерації.	12	2	2		8
Тема 2.4. Різновиди когенераційних технологій.	12	2	2		8
Тема 2.5. Модернізація систем теплопостачання.	12	2	2		8
Разом за змістовим модулем 2	60	10	10		40
Змістовий модуль 3. Когенераційні системи з тепловими двигунами.					
Тема 3.1. Когенераційні установки на основі газотурбінних двигунів.	12	2	2		8
Тема 3.2. Когенераційні установки на основі паро газотурбінних установок.	12	2	2		8
Тема 3.3. Когенераційні установки на основі газопоршневих двигунів. .	12	2	2		8
Тема 3.4. Когенераційні установки на основі двигунів зовнішнього згоряння.	12	2	2		8

Тема 3.5. Когенераційні установки на основі парових турбін.	12	2	2		8
Разом за змістовим модулем 3	60	10	10		40
Змістовий модуль 4. Електро-хімічні генератори в когенераційних системах.					
Тема 4.1. Паливно-елементні модулі.	12	2	2		8
Тема 4.2. Когенераційні установки з паливно-елементними генераторами.	12	2	2		8
Разом за змістовим модулем 4	24	4	4		16
Усього годин	180	30	30		120

Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		денна форма	заочна форма
1	Закон України Про комбіноване виробництво теплової та електричної енергії (когенерацію) та використання скидного енергопотенціалу.	2	2
2	Особливості використання і експлуатації когенераційних установок	2	2
3	Когенерація і актуальні проблеми економіки	2	2
4	Когенерація і актуальні проблеми екології	2	2
5	Техніко-економічні показники когенераційних установок	2	2
6	Методи вибору генеруючого обладнання	2	2
7	Співставлення характеристик когенераційних систем	2	2
8	Використання газотурбінних когенераційних технологій для модернізації теплоелектричних станцій	2	2
9	Використання газопаротурбінних когенераційних технологій для модернізації теплоелектричних станцій	2	2
10	Використання газопоршневих когенераційних технологій для модернізації теплоелектричних станцій	2	2
11	Використання паротурбінних когенераційних технологій для модернізації теплоелектричних станцій	2	2
12	Використання когенераційних технологій з двигунами зовнішнього згоряння для модернізації теплоелектричних станцій	2	2
13	Мікротурбінні технології в когенераційних системах	2	2
14	Паливно-елементні модулі.	2	2

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		денна форма	заочна форма
15	. Когенераційні установки з паливно-елементними генераторами.	2	2
РАЗОМ		30	30

Самостійна робота

Розподіл годин самостійної роботи для студентів денної та заочної форм навчання:

- підготовка до лекційних занять – 0,5 год/1 год. занять;
- підготовка до практичних занять – 1 год/1 год. занять;
- підготовка до контрольних заходів – 60 год. на 1 захід.

Розподіл часу самостійної роботи

№ з/п	Вид роботи	Кількість годин	
		денна форма	заочна форма
1	Підготовка до лекцій	30	
2	Підготовка до практичних занять	30	
3	Підготовка до екзамену	60	
РАЗОМ		120	

6. Методи навчання, засоби діагностики результатів навчання та методи їх демонстрування

Набуття здобувачами компетенцій забезпечується через засвоєння навчального матеріалу у вигляді лекційних, семінарських занять та самостійної роботи студентів.

Основними методами навчання з дисципліни є:

1. Пояснювально-ілюстративний метод, за допомогою повідомлення та засвоєння інформації на лекційних та практичних заняттях словесними й наочними засобами.

2. Проблемний метод, коли на семінарських заняттях утворюються пошукові ситуації, розвивається активність, самостійність, творчі здібності здобувачів освіти.

Як наочний матеріал на лекціях застосовуються мультимедійні слайди та лекційні демонстрації.

З метою роз'яснення найбільш складних питань дисципліни та підвищення якості виконання завдань семінарських робіт проводяться групові та індивідуальні консультації за розкладом кафедри.

Під час карантину заняття повністю проводяться дистанційно у Google Meet.

Засобами оцінювання та методами демонстрування результатів навчання з дисципліни "Методологія наукових досліджень" є:

- виконання практичних завдань за темою наукового дослідження;
- підготовка аналітичних оглядів, тез доповідей, статей;
- залік.

7. Форми поточного та підсумкового контролю

Досягнення аспіранта оцінюються за 100-бальною системою Університету.

Підсумкова оцінка навчального курсу включає в себе оцінки з поточного контролю і оцінки заключного заліку. У кожного компонента своя частка в загальній системі оцінок. У проміжних оцінках аспірант може набрати максимум **60 балів**. Під компонентом проміжних оцінок розуміються поточні оцінки протягом семестру (виконання практичних завдань за темою наукового дослідження, підготовка аналітичних оглядів, тез доповідей і статей).

Питома вага заключного екзамену в загальній системі оцінок – **40 балів**. Право здавати заключний залік надається аспіранту, який з урахуванням отриманих балів проміжних оцінок і заключного заліку може набрати разом не менше **60 балів**. Підсумкова оцінка навчального курсу є сумою проміжних оцінок і оцінки заліку.

Поточний контроль проводиться на кожному практичному занятті за результатами виконання самостійних практичних завдань. Він передбачає оцінювання практичних навичок використання теоретичної підготовки здобувачів із зазначеної теми під час роботи на заняттях та самостійної роботи.

Зарахування кредитів навчального курсу можливо тільки після досягнення результатів, запланованих РПНД, що виражається в одній з позитивних оцінок, передбачених чинним законодавством.

Виконання практичного завдання	Критерії оцінювання
4	Завдання правильне, повне, логічне, містить аналіз, систематизацію, узагальнення і аргументовані висновки.
3	Завдання в цілому правильне, достатньо повне та логічне, але має деякі помилки та неточності у висновках.
2	Завдання частково правильне, але містить неточності і недостатньо обґрунтовані висновки.
0	Завдання не виконане або містить значну кількість суттєвих помилок.

Екзамен	Критерії оцінювання
40	Відповідь логічно побудована, аспірант чітко та стисло викладає матеріал, показує глибокі знання, під час доповіді впевнено і докладно відповідає на поставлені запитання: одне запитання з 1-го модулю, одне запитання з 2-го модулю, два запитання з 3-го модулю.
35	Аспірант спроможний чітко та стисло відповідати на поставлені запитання, дає правильні відповіді на всі запитання, але не завжди упевнений в аргументації, чи не завжди коректно її формулює.
30	Аспірант спроможний чітко та стисло відповісти на поставлені запитання, належно обґрунтовує матеріал, але допускає неточності у відповідях.
25	Аспірант спроможний чітко та стисло відповісти на поставлені запитання, але допускає суттєві неточності у відповідях, не завжди належно обґрунтовує відповіді.
20	Аспірант невпорядковано дає відповіді на поставлені запитання і робить спроби аргументувати свою позицію.
15	Аспірант невпорядковано дає відповіді на поставлені запитання, робить спроби аргументувати свою позицію, надає неповні, поверхові, необґрунтовані відповіді.
10	Аспірант демонструє задовільні знання з поставлених запитань, але не може впевнено й чітко відповісти на додаткові запитання, та належно обґрунтувати свою відповідь.
5	Аспірант невпорядковано дає відповіді на поставлені запитання, не спроможний дати відповідь на додаткові запитання, відстоювати свою позицію.

Форма контролю	Максимальна кількість балів	
	Денна форма	Заочна форма
Виконання практичного завдання за темою наукового дослідження	4x 15 балів = 60балів	-

Екзамен	4 x 10 балів = 40 балів	-
Всього	100	-

8. Критерії оцінювання результатів навчання

		Денне відділення	
		Вид роботи	Кількість балів
ЗМ1	T1.1	Практичне заняття №1	4
	T1.2	Практичне заняття №2	4
	T1.3	Практичне заняття №3	4
ЗМ2	T2.4	Практичне заняття №4	4
	T2.5	Практичне заняття №5	4
	T2.6	Практичне заняття №6	4
	T2.7	Практичне заняття №7	4
	T2.8	Практичне заняття №8	4
ЗМ3	T3.9	Практичне заняття №9	4
	T3.10	Практичне заняття №10	4
	T3.11	Практичне заняття №11	4
	T3.12	Практичне заняття №12	4
	T3.13	Практичне заняття №13	4
	T3.14	Практичне заняття №14	4
	T3.15	Практичне заняття №15	4
Підсумковий контроль		Екзамен	40
Сума			100

9. Інструменти, обладнання та програмне забезпечення, використання яких передбачає навчальна дисципліна

У спеціальних засобах навчання потреби немає.

10. Рекомендовані джерела інформації

1. КОГЕНЕРАЦІЙНІ СИСТЕМИ С ТЕПЛОВИМИ ДВИГУНАМИ
Довідковий посібник у 3-х частинах Клименко В. Н., Мазур А. І., Сігал О. І.; за редакцією А. І. Мазура
2. ЗАКОН УКРАЇНИ Про комбіноване виробництво теплової та електричної енергії (когенерацію) та використання скидного енергопотенціалу
3. ЗАКОН УКРАЇНИ Про енергозбереження
4. ЗАКОН УКРАЇНИ Про комбіноване виробництво теплової та електричної енергії (когенерацію) та використання скидного енергопотенціалу
5. ЗАКОН УКРАЇНИ Про енергетичну ефективність

Допоміжна література

1. Горобець В.Г., Богдан Ю.О., Троханяк В.І. Теплообмінне обладнання для когенераційних установок: [Монографія]. – К.: «ЦП «Компринт», 2017. – 198 с.
2. Нормативно-правова база енергетики. Навчальний посібник / [І.О. Сінчук, С.М. Бойко, О.Є. Мельник]; під редакцією доктора техн. наук, професора О.М. Сінчука. – Кривий Ріг, 2017. – 150с.

Інформаційні ресурси в Інтернет