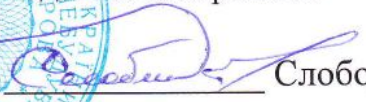


МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ КОРАБЛЕБУДУВАННЯ
імені адмірала Макарова
МАШИНОБУДІВНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
КАФЕДРА КОНДИЦІОНУВАННЯ ТА РЕФРИЖЕРАЦІЇ



ЗАТВЕРДЖЕНО

Проректор з науково-
педагогічної роботи

 Слободян С.О.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Program of the Discipline

**Системи комбінованого виробництва енергії,
тепла та холоду**

COMBINED ENERGY, HEATING AND COOLING SYSTEMS

рівень вищої освіти: третій (освітньо-науковий)

тип дисципліни: вибіркова

мова(и) викладання: українська

Робоча програма навчальної дисципліни "Системи комбінованого виробництва енергії, тепла та холоду" як вибіркового курсу є однією із складових комплексної підготовки фахівців галузі знань 14 "Електрична інженерія" спеціальності 142 "Енергетичне машинобудування".

01 вересня 2021 року. – 16 с.

Розробник:

Радченко М.І., завідувач кафедри кондиціювання та рефрижерації, д-р техн. наук, професор.

Проект робочої програми навчальної дисципліни "Системи комбінованого виробництва енергії, тепла та холоду" розглянуто на засіданні кафедри кондиціювання та рефрижерації.

Протокол № 10 від « 23 » 06 2021 р.

Завідувач кафедри

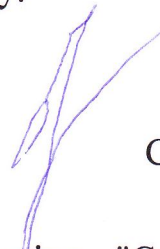


Радченко М.І.

Проект робочої програми навчальної дисципліни "Системи комбінованого виробництва енергії, тепла та холоду" розглянуто Методичною комісією Машинобудівного навчально-наукового інституту.

Протокол № 01 від « 26 » 08 2021 р.

Голова



Сербін С.І.

Проект робочої програми навчальної дисципліни "Системи комбінованого виробництва енергії, тепла та холоду" погоджено з навчальним відділом.

Начальник відділу



Лабарткава А.В.

Робоча програма навчальної дисципліни "Системи комбінованого виробництва енергії, тепла та холоду" затверджена Навчально-методичною радою НУК.

Протокол № 7 від « 26 » 08 2021 р.

Голова НМР НУК



Трушляков Є.І.

Зміст

Вступ	4
1. Опис навчальної дисципліни	5
2. Мета вивчення навчальної дисципліни	5
3. Передумови для вивчення дисципліни	6
4. Очікувані результати навчання	6
5. Програма навчальної дисципліни	6
6. Методи навчання, засоби діагностики результатів навчання та методи їх демонстрування	11
7. Форми поточного та підсумкового контролю	11
8. Критерії оцінювання результатів навчання	13
9. Інструменти, обладнання та програмне забезпечення, використання яких передбачає навчальна дисципліна	14
10. Рекомендовані джерела інформації	15

ВСТУП

Анотація

Дисципліна спрямована на надання високого рівня знань з будови, теплових схем та принципів використання в енергетичному машинобудуванні систем комбінованого виробництва енергії, тепла та холоду.

В процесі навчання аспіранти повинні навчитися ставити та розв'язувати комплексні задачі в галузі енергетичного машинобудування та дослідницько-інноваційної діяльності, пов'язані з розробкою, проєктуванням та експлуатацією систем комбінованого виробництва енергії, тепла та холоду.

Дисципліна ознайомлює аспірантів з сучасними та перспективними схемами систем тригенерації – комбінованого виробництва енергії, тепла та холоду, критеріями оцінки їх ефективності, методами визначення раціональних характеристик цих систем, шляхами їх реалізації при вирішенні завдань у наукових дослідженнях, при проєктуванні та експлуатації.

Ключові слова: тригенерація, генерація енергії, генерація тепла, генерація холоду, трансформація теплоти, теплове навантаження.

Abstract

The discipline is aimed at providing a high level of knowledge on the structure, thermal schemes and principles of use in energy engineering systems of combined production of energy, heat and cold.

In the process of study, graduate students must learn to set and solve complex problems in the field of energy engineering and research and innovation activities related to the development, design and operation of combined heat and power, heat and cold.

The course acquaints graduate students with modern and promising schemes of trigeneration systems - combined energy, heat and cold production, criteria for evaluating their effectiveness, methods for determining the rational characteristics of these systems, ways to implement them in solving problems in research, design and operation.

Keywords: trigeneration, energy generation, heat generation, cold generation, heat transformation, heat load.

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність (освітня програма), освітній рівень	Характеристика навчальної дисципліни	
		Денна форма навчання	Заочна форма навчання
Кількість кредитів – 4	Галузь знань: 14 "Електрична інженерія" Спеціальність: 142 "Енергетичне машинобудування" (освітня програма "Енергетичне машинобудування")	Вибіркова	
Модулів – 1		Рік підготовки:	
Змістових модулів – 2		2-й	2-й
Електроний адрес РПНД на сайті Університету:			
Загальна кількість годин – 120		Семестри	
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 3; самостійної роботи студента – 5.	Освітній рівень: третій (освітньо-науковий)	3-й	3-й
		Лекції	
		30 год	30 год
		Практичні заняття	
		15 год	15 год
		Самостійна робота	
		75 год	75 год
		Індивідуальні завдання	
		–	–
		Вид контролю: залік	
Форма контролю: комбінована			

2. Мета вивчення навчальної дисципліни

Метою вивчення навчальної дисципліни "Системи комбінованого виробництва енергії, тепла та холоду" є отримання високого рівня знань з будови, теплових схем та принципів використання в енергетичному машинобудуванні систем комбінованого виробництва енергії, тепла та холоду.

3. Передумови для вивчення дисципліни

Передумовами для вивчення дисципліни є дисципліни:

- "Методологія наукових досліджень та педагогічної діяльності";
- "Актуальні проблеми енергетичного машинобудування";
- "Раціональні та екологічно чисті методи перетворення енергії в машинобудуванні".

4. Очікувані результати навчання

Дисципліна "Системи автономного енерго-, тепло- та холодопостачання" навчає студентів ставити та розв'язувати комплексні задачі в галузі енергетичного машинобудування та дослідницько-інноваційної діяльності, пов'язані з розробкою, проектуванням та експлуатацією систем комбінованого виробництва енергії, тепла та холоду.

5. Програма навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1. Будова та теплові схеми систем тригенерації

Тема 1. Тригенерація як комбіноване виробництво енергії, тепла та холоду [2]. стор. 137-178, [5]. стор. 68-78.

Тема 2. Порівняльний аналіз когенераційних та тригенераційних систем [1]. стор. 125-146, [4]. стор. 91-123.

Тема 3. Потенційні об'єкти комбінованого споживання енергії, тепла та холоду [2]. стор. 18-36, [5]. стор. 79-125.

Тема 4. Основні теплові схеми систем комбінованого виробництва енергії, тепла та холоду [5]. стор. 145-168.

Тема 5. Використання абсорбційних бромистолітєвих холодильних машин (АБХМ) в системах тригенерації [5]. стор. 125-144.

Тема 6. Теплообмінне обладнання систем комбінованого виробництва енергії, тепла та холоду [4]. стор. 57-69, [5]. стор. 48-80.

Тема 7. Екологічні аспекти систем тригенерації [4]. стор. 21-43, [5]. стор. 111-130.

Змістовий модуль 2. Використання систем комбінованого виробництва енергії, тепла та холоду

Тема 8. Напрями використання систем комбінованого виробництва енергії, тепла та холоду [2]. стор. 70-89, [3]. стор. 29-36.

Тема 9. Принципи розрахунку систем комбінованого виробництва енергії, тепла та холоду [4]. стор. 27-44.

Тема 10. Технічне обслуговування АБХМ в системах тригенерації [1]. стор. 44-68, [3]. стор. 80-104.

Тема 11. Критерії оцінення ефективності систем тригенерації [2]. стор. 121-140, [6]. стор. 46-67.

Тема 12. Техніко-комерційні показники систем тригенерації [1]. стор. 178-215.

Тема 13. Теоретичні основи розрахунку характеристик систем комбінованого виробництва енергії, тепла та холоду [1]. стор. 67-78, [3]. стор. 23-80.

Тема 14. Методи визначення раціональних характеристик систем тригенерації [1]. стор. 146-167.

Тема 15. Перспективи досліджень систем комбінованого виробництва енергії, тепла та холоду [5]. стор. 228-289.

Тематичний план навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин									
	денна форма					заочна форма				
	усього	у тому числі				усього	у тому числі			
		л	пр.	лаб	с.р.		л	пр.	лаб	с.р.
Змістовий модуль 1. Будова та теплові схеми систем тригенерації										
Тема 1. Тригенерація як комбіноване виробництво енергії, тепла та холоду.	8	2	–	–	4	8	2	2	–	4
Тема 2. Порівняльний аналіз когенераційних та тригенераційних систем.	8	2	–	–	4	8	2	2	–	4
Тема 3. Потенційні об’єкти комбінованого споживання енергії, тепла та холоду.	9	2	–	–	5	9	2	2	–	5
Тема 4. Основні теплові схеми систем комбінованого виробництва енергії, тепла та холоду.	9	2	2	–	5	9	2	2	–	5
Тема 5. Використання абсорбційних бромистолітєвих холодильних машин	9	2	2	–	5	9	2	2	–	5

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин									
	денна форма					заочна форма				
	усього	у тому числі				усього	у тому числі			
		л	пр.	лаб	с.р.		л	пр.	лаб	с.р.
(АБХМ) в системах тригенерації.										
Тема 6. Теплообмінне обладнання систем комбінованого виробництва енергії, тепла та холоду.	9	2	2	–	5	9	2	2	–	5
Тема 7. Екологічні аспекти систем тригенерації.	8	2	–	–	4	8	2	2	–	4
Разом за змістовим модулем 1	60	14	6	–	32	60	14	14	–	32
Змістовий модуль 2. Використання систем комбінованого виробництва енергії, тепла та холоду										
Тема 8. Напрями використання систем комбінованого виробництва енергії, тепла та холоду.	11	2	–	–	7	11	2	2	–	7
Тема 9. Принципи розрахунку систем комбінованого виробництва енергії, тепла та холоду.	11	2	2	–	7	11	2	2	–	7
Тема 10. Технічне обслуговування АБХМ в системах тригенерації.	12	2	2	–	8	12	2	2	–	8
Тема 11. Критерії оцінення ефективності систем тригенерації.	12	2	3	–	8	12	2	2	–	8
Тема 12. Техніко-комерційні показники систем тригенерації.	11	2	2	–	7	11	2	2	–	7
Тема 13. Теоретичні основи розрахунку характеристик систем комбінованого виробництва енергії, тепла та холоду.	11	2	–	–	7	11	2	2	–	7
Тема 14. Методи визначення раціональних характеристик систем тригенерації.	11	2	–	–	7	11	2	2	–	7
Тема 15. Перспективи досліджень систем комбінованого виробництва енергії, тепла та холоду.	11	2	–	–	7	11	2	2	–	7
Разом за змістовим модулем 2	60	16	9	–	58	90	16	16	–	58
Усього годин	120	30	15	–	75	120	30	15	–	75

Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		денна форма	заочна форма
1	Основні теплові схеми систем комбінованого виробництва енергії, тепла та холоду	2	2
2	Використання абсорбційних бромистолітєвих холодильних машин (АБХМ) в системах тригенерації	2	2
3	Теплообмінне обладнання систем комбінованого виробництва енергії, тепла та холоду	2	2
4	Принципи розрахунку систем комбінованого виробництва енергії, тепла та холоду	2	2
5	Технічне обслуговування АБХМ в системах тригенерації	2	2
6	Критерії оцінювання ефективності систем тригенерації	3	3
7	Техніко-комерційні показники систем тригенерації	2	2
РАЗОМ		15	15

Самостійна робота

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

– підготовка до лекційних занять – 0,5 год/1 год. занять (1 година на 1 лекцію);

– підготовка до практичних занять – 2 год/1 заняття;

– написання рефератів, есе, виконання розрахункових, розрахунково-графічних або графічних робіт, домашньої контрольної роботи, перекладу, аналітичний огляд, аналіз практичних, проблемних ситуацій (обсяг однієї роботи 10-20 аркушів А4) – мінімум 15 годин на 1 роботу;

– підготовка до контрольних заходів – (15-30) год. на 1 захід.

Розподіл часу самостійної роботи

№ з/п	Вид роботи	Кількість годин	
		денна форма	заочна форма
1	Підготовка до лекцій	15	15
2	Підготовка до практичних занять	14	14
3	Підготовка рефератів/аналітичних оглядів	16	16
4	Підготовка до заліку	30	30
РАЗОМ		75	75

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

Набуття здобувачами компетенцій забезпечується через засвоєння навчального матеріалу у вигляді лекційних, практичних 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 практичних 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 практичних робіт проводяться групові та індивідуальні консультації за розкладом кафедри.

Під час карантину заняття повністю проводяться дистанційно в режимі відеоконференцій за допомогою онлайн-платформи Zoom.

Засобами оцінювання та методами демонстрування результатів навчання з дисципліни "Системи комбінованого виробництва енергії, тепла та холоду" є:

– усні відповіді на практичних заняттях;

- підготовка реферату/аналітичного огляду;
- залік.

7. Форми поточного та підсумкового контролю

Досягнення студента 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 студент може набрати максимум **60 балів**. Під компонентом проміжних оцінок розуміються поточні оцінки протягом семестру (активність, участь в дискусіях; виконання завдань та інше).

Питома вага заключного заліку в загальній системі оцінок – **40 балів**. Право здавати заключний залік надається студенту, якій 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.

Залік відбувається у усній формі шляхом відповіді на 4 питання залікового білету. За відповідь на кожне питання студент може отримати максимум 10 балів.

Поточний контроль проводиться на кожному практичному занятті та за результатами виконання завдань самостійної роботи. Він передбачає оцінювання теоретичної підготовки здобувачів вищої освіти із зазначеної теми (у тому числі, самостійно опрацьованого матеріалу) під час роботи на практичних заняттях.

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

Форма контролю	Максимальна кількість балів	
	Денна форма	Заочна форма
Відповіді на практичних заняттях	7 x 5 бали = 35 балів	7 x 5 бали = 35 балів
Підготовка реферату/аналітичного огляду	1 x 25 балів = 25 балів	1 x 25 балів = 25 балів
Залік	4 x 10 балів = 40 балів	4 x 10 балів = 40 балів
Всього	100	100

Відповіді на практичних заняттях	Критерії оцінювання
5	Відповідь правильна, повна, логічна, містить аналіз, систематизацію, узагальнення, використані міжпредметні зв'язки, містить аргументовані висновки.
4	Відповідь в цілому правильна, достатньо повна, логічна; допущені несуттєві помилки та неточності у викладенні матеріалу
3	Відповідь частково правильна, містить неточності, недостатньо обґрунтована.
2	Відповідь має суттєві помилки, аргументи несформульовані, використовуються невірна термінологія.
1	Відповідь містить значну кількість суттєвих помилок.
0	Студент не дає відповіді.

Підготовка реферату/аналітичного огляду	Критерії оцінювання
25	Зміст роботи відповідає обраній темі; наявність чітко сформульованої проблеми; адекватність формулювання об'єкта, предмета, мети та задач дослідження; наявність посилань на використану літературу та відповідність оформлення роботи стандарту; відповідність висновків меті та завданням дослідження. Робота виконувалась систематично та вчасно подана на перевірку науковому керівнику у відповідності із планом виконання.
20	Зміст роботи відповідає обраній темі; але має поверхневий аналіз, матеріал викладено непослідовно та необґрунтовано.
15	Зміст роботи відповідає обраній темі; але вона виконувалась не систематично та подана на перевірку науковому керівнику з порушенням плану виконання.
10	Студент відтворює значну частину теоретичного матеріалу, виявляє знання і розуміння основних положень і лише за допомогою викладача може виправляти помилки, серед яких є значна кількість суттєвих.
5	Студент виявляє знання і розуміння більшості положень, але лише за допомогою викладача може виправляти помилки, серед яких є значна кількість суттєвих.
0	Робота не носить дослідницького характеру, не має аналізу і не відповідає пред'являємим вимогам. У роботі немає висновків або вони носять декларативний характер.

Відповіді на питання заліку	Критерії оцінювання
10	Відповідь логічно побудована, студент чітко та стисло викладає матеріал, показує глибокі знання з питання білету, під час доповіді впевнено і докладно відповідає на поставлені запитання.
8	Студент спроможний чітко та стисло зробити доповідь, дає правильну відповідь на запитання білету, але не завжди упевнений в аргументації, чи не завжди коректно її формулює.
6	Студент спроможний чітко та стисло відповісти на питання білету, належно обґрунтовує матеріал, але допускає суттєві неточності у відповідях на запитання.
4	Студент невпорядковано дає відповіді на питання білету, намагається дати відповідь на поставлені запитання і робить спроби аргументувати свою позицію, але надає неповні, поверхові, необґрунтовані відповіді на поставлені питання.
2	Студент невпорядковано дає відповідь на питання білету, не спроможний аргументувати свою позицію, не може впевнено й чітко відповісти на додаткові запитання членів комісії.
0	Студент не дає відповіді.

8. Критерії оцінювання результатів навчання

		Денне відділення		Заочне відділення	
		Вид роботи	Бали	Вид роботи	Бали
ЗМ1	T4	Практичне заняття №1	5	Практичне заняття №1	5
	T5	Практичне заняття №2	5	Практичне заняття №2	5
	T6	Практичне заняття №3	5	Практичне заняття №3	5
ЗМ2	T9	Практичне заняття №4	5	Практичне заняття №4	5
	T10	Практичне заняття №5	5	Практичне заняття №5	5
	T11	Практичне заняття №6	5	Практичне заняття №6	5
	T12	Практичне заняття №7	5	Практичне заняття №7	5
ЗМ1, ЗМ2		Підготовка реферату / аналітичного огляду	25	Підготовка реферату / аналітичного огляду	25
Підсумковий контроль		Залік	40	Залік	40
Сума			100		100

9. Засоби навчання

У спеціальних засобах навчання потреби немає.

10. Рекомендовані джерела інформації

Основна література

1. Клименко О.В. Схеми тригенераційних установок для централізованого енергопостачання. *Теплоенергетика*. 2016. №6. С.36-43.
2. Куделя П.П., Соломаха А.С. Низькоексергетичні опалювальні системи. Київ : НТУУ «КПІ», 2015. 153 с.
3. Радченко М.І., Лехмус О.О. Суднові холодильні машини. Миколаїв: НУК, 2015. 392 с.
4. Радченко М.І., Радченко А.М., Коновалов Д.В., Радченко Р.М. Теплообмінники судових систем кондиціювання та рефрижерації: навч. посібник. Миколаїв: НУК. 2014. 260 с.
5. Чумак І.Г. та ін. Холодильні установки. Одеса: Пальміра, 2006. 552 с.

Допоміжна література

1. Закон України «Про енергозбереження» №74/94-ВР, 1994.
2. Енергетична стратегія України на період до 2030 року (Розпорядження Кабінету Міністрів України від 15 березня 2006 р. N 145-р)
3. Морозюк Т.В. Теорія холодильних машин та теплових насосів. Одеса: Негоціант, 2006.
4. Морозюк Л. І., Гайдук С.В., Грудка Б.Г. Тригенерація - джерело енергозбереження в малій енергетиці для аграрного виробництва. *Холодильна техніка та технологія*. 2015. № 51. С. 65-69.

5. Кожіченков В.С. Нові тенденції у тригенераційних технологіях. *Головний енергетик*. 2015. №8. С. 51-58.
6. Вагін Г. Я., Лоскутов А. Б., Головкін Н. Н., Сонцев Е. Б., Мамонтов А. М. Технічні та економічні критерії вибору потужності міні-ТЕЦ на промислових підприємствах (частина 1). *Промислова енергетика*. 2006. № 4. С. 38–43.
7. Грінац А. В. Автономні електростанції. Огляд, порівняння, ресурс, експлуатація. *Технології третього тисячоліття*. 2001. № 1. С. 16–18.

Інформаційні ресурси в Інтернет

1. Каталог нормативних документів України. URL: <http://csm.kiev.ua>.
2. Сайт International Energy Agency. URL: <https://www.iea.org/>.
3. Сайт World Nuclear Association. URL: <https://www.world-nuclear.org/>.
4. Збірник наукових праць Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова. URL: <http://znp.nuos.mk.ua/>.
5. Сайт науково-технічного журналу "Turbomachinery International". URL: <https://www.turbomachinerymag.com/>.
6. Сайт науково-технічного журналу "Power Technology". URL: <https://www.power-technology.com/?cf-view>.
7. Сайт журналу "Компресорне і енергетичне машинобудування". URL: <http://mikem.com.ua/zhurnal.html>.
8. Сайт журналу "Проблеми машинобудування". URL: <https://journal-me.com>.
9. Сайт журналу "Вісник Національного технічного університету "Харківський політехнічний інститут". Серія: "Енергетичні та теплотехнічні процеси й устаткування". URL: <http://etpo.khpi.edu.ua>.
10. Сайт журналу "Вісник Вінницького політехнічного інституту". URL: <https://journals.vntu.edu.ua/uk.html#visnyk>.
11. Сайт журналу "Вісник Приазовського державного технічного університету". Серія: "Технічні науки". URL: http://journals.uran.ua/vestnikpgtu_tech.

12. Сайт журналу "Техніка та енергетика". URL:
<https://technicalscience.com.ua/uk>.