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

ЗАТВЕРДЖЕНО
Проректор з науково-
педагогічної роботи
_____ Сергій СЛОБОДЯН

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
Program of the Discipline

Теплообмінні апарати енергетичних установок
HEAT EXCHANGE DEVICES OF POWER PLANTS

рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)

тип дисципліни: вибіркова

мова(и) викладання: українська

Миколаїв – 2023

Робоча програма навчальної дисципліни "Теплообмінні апарати енергетичних установок" як вибіркового курсу призначена для студентів усіх спеціальностей та освітніх програм, за якими ведеться підготовка в Національному університеті кораблебудування імені адмірала Макарова.

«1» 12 2023 р. – 17 с.

Розробник:

Патлайчук В.М., завідувач кафедри турбін, канд. техн. наук, доцент.

Проєкт робочої програми навчальної дисципліни "Теплообмінні апарати енергетичних установок" розглянуто на засіданні кафедри турбін.

Протокол № 3 від «26» 10 2023 р.

Завідувач кафедри Володимир ПАТЛАЙЧУК

Проєкт робочої програми навчальної дисципліни "Теплообмінні апарати енергетичних установок" розглянуто Методичною комісією Машинобудівного навчально-наукового інституту.

Протокол № 04 від «23» 11 2023 р.

Голова Сергій СЕРБІН

Проєкт робочої програми навчальної дисципліни "Теплообмінні апарати енергетичних установок" погоджено з навчальним відділом.

Начальник відділу Андрій ЛАБАРТКАВА

Робоча програма навчальної дисципліни "Теплообмінні апарати енергетичних установок" затверджена Навчально-методичною радою НУК.

Протокол № 10 від «27» 12 2023 р.

Голова НМР НУК Сергій СЛОБОДЯН

© НУК, 2023

Зміст

Вступ 4
1. Опис навчальної дисципліни 5
2. Мета вивчення навчальної дисципліни 5
3. Передумови для вивчення дисципліни 5
4. Очікувані результати навчання 6
5. Програма навчальної дисципліни 6
6. Методи навчання, засоби діагностики результатів навчання та методи їх демонстрування 10
7. Форми поточного та підсумкового контролю 10
8. Критерії оцінювання результатів навчання 13
9. Засоби навчання 14
10. Рекомендовані джерела інформації 14
11. Зміни та доповнення 17

ВСТУП

Анотація

Дисципліна спрямована на формування у студентів систематизованого цілісного уявлення про основні принципи конструювання та розрахунку теплообмінних апаратів, що входять до складу сучасних енергетичних установок. Вона має ознайомити їх з основними процесами, що відбуваються в цих апаратах на робочих режимах, з методами моделювання та розрахунку цих процесів.

Дисципліна повинна надати студентам професійні знання про основні типи використовуємих в енергетиці теплообмінних апаратів, ознайомити їх з принципами розрахунку теплообмінного обладнання, навчити проєктувати обладнання стаціонарного та суднового призначення.

Ключові слова: енергетична установка**,** теплообмінник**,** теплові двигуни, фізичне та математичне моделювання, теплові та габаритні розрахунки.

Abstract

The discipline is aimed at forming in students a systematized holistic idea of the basic principles of design and calculation of heat exchange devices that are part of modern power plants; to acquaint them with the main processes that take place in these devices in their working modes, with the methods of modeling and calculating these processes.

The discipline should provide students with professional knowledge about the main types of heat exchange devices used in the energy sector, familiarize them with the principles of calculating heat exchange equipment, teach them how to design equipment for stationary and ship purposes.

Keywords: power plant, heat exchanger, heat engines, physical and mathematical modeling, thermal and dimensional calculations.

1. Опис навчальної дисципліни

<table>
<tr><td rowspan="3">Найменування показників</td><td rowspan="3">Галузь знань, спеціальність (освітня програма), освітній рівень</td><td colspan="2">Характеристика навчальної дисципліни</td></tr>
<tr><td>Денна форма навчання</td><td>Заочна форма навчання</td></tr>
<tr><td>Кількість кредитів – 5</td><td rowspan="6">Усі спеціальності та освітні програми, за якими ведеться підготовка в Національному університеті кораблебудування імені адмірала Макарова</td><td colspan="2">Вибіркова</td></tr>
<tr><td>Модулів – 1</td><td colspan="2">Рік підготовки:</td></tr>
<tr><td>Змістових модулів – 3</td><td rowspan="2">4-й</td><td rowspan="2">4-й</td></tr>
<tr><td>Електроний адрес РПНД на сайті Університету:</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Загальна кількість годин – 150</td><td colspan="2">Семестри</td></tr>
<tr><td>7-й</td><td>7-й</td></tr>
<tr><td rowspan="11">Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 4; самостійної роботи студента – 6.</td><td rowspan="11">Освітній рівень: перший (бакалаврський)</td><td colspan="2">Лекції</td></tr>
<tr><td>30 год</td><td>10 год</td></tr>
<tr><td colspan="2">Практичні заняття</td></tr>
<tr><td>30 год</td><td>10 год</td></tr>
<tr><td colspan="2">Самостійна робота</td></tr>
<tr><td>90 год</td><td>130 год</td></tr>
<tr><td colspan="2">Індивідуальні завдання</td></tr>
<tr><td>–</td><td>–</td></tr>
<tr><td colspan="2">Вид контролю: залік</td></tr>
<tr><td colspan="2">Форма контролю: комбінована</td></tr>
</table>

2. Мета вивчення навчальної дисципліни

Метою вивчення навчальної дисципліни "Теплообмінні апарати енергетичних установок" є формування у студентів систематизованого цілісного уявлення про основні принципи конструювання та розрахунку теплообмінних апаратів, що входять до складу сучасних енергетичних установок; ознайомлення їх з основними процесами, що відбуваються в теплообмінних апаратах на робочих режимах, ознайомлення з методами моделювання та розрахунку цих процесів.

3. Передумови для вивчення дисципліни

Передумовами для вивчення дисципліни є вивчення дисциплін "Технічна термодинаміка" та "Тепломасообмін".

4. Очікувані результати навчання

Дисципліна "Теплообмінні апарати енергетичних установок" дає студентам професійні знання про основні типи використовуємих в енергетиці теплообмінних апаратів, ознайомлює їх з принципами розрахунку теплообмінного обладнання, вчить проєктувати обладнання стаціонарного та суднового призначення.

Майбутній фахівець отримує навики фізичного та математичного моделювання теплообмінних апаратів, проведення їх теплових та габаритних розрахунків.

5. Програма навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1. Загальні відомості про теплообмінні апарати енергетичних установок

Тема 1. Призначення та галузі застосування теплообмінних апаратів [1]. стор. 3-69, [2]. стор. 7-25.

Тема 2. Класифікація теплообмінних апаратів [1]. стор. 75-136, [2]. стор. 46-73.

Тема 3. Теплообмінні апарати у складі газотурбінних установок [1]. стор. 17-156.

Змістовий модуль 2. Проєктування теплообмінних апаратів

Тема 4. Основи проєктування рекуперативних теплообмінних апаратів [2]. стор. 75-90.

Тема 5. Кожухотрубні теплообмінники з однофазними потоками [1]. стор. 189-201.

Тема 6. Теплообмінники "труба в трубі", конденсатори та випарювачі [1]. стор. 3-75.

Тема 7. Пластинчасті теплообмінники [1]. стор. 76-156.

Тема 8. Повітроохолоджувані теплообмінники [1]. стор. 3-125.

Тема 9. Теплові труби [1]. стор. 131-286.

Тема 10. Градирні та сушильні установки [1]. стор. 121-145.

Тема 11. Особливості розрахунку теплообмінних апаратів контактного типу [1]. стор. 91-120.

Тема 12. Розрахунок теплообмінних апаратів на міцність [1]. стор. 3-92.

Змістовий модуль 3. Виготовлення, монтаж та експлуатація теплообмінних установок

Тема 13. Матеріали теплообмінних апаратів. Виготовлення теплообмінних апаратів [2]. стор. 3-146.

Тема 14. Монтаж, випробування та приймання до експлуатації теплообмінних апаратів [2]. стор. 17-86.

Тема 15. Експлуатація, ремонт та техніка безпеки теплообмінних установок [2]. стор. 187-248.

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. Загальні відомості про теплообмінні апарати енергетичних установок										
Тема 1. Призначення та галузі застосування теплообмінних апаратів	10	2	2	–	6	10	1	–	–	9
Тема 2. Класифікація теплообмінних апаратів	10	2	2	–	6	10	1	1	–	8
Тема 3. Теплообмінні апарати у складі газотурбінних установок	10	2	2	–	6	10	–	1	–	9
Разом за змістовим модулем 1	30	6	6	–	18	30	2	2	–	26
Змістовий модуль 2. Проєктування теплообмінних апаратів										
Тема 4. Основи проєктування рекуперативних теплообмінних апаратів	10	2	2	–	6	10	1	–	–	9
Тема 5. Кожухотрубні теплообмінники з однофазними потоками	10	2	2	–	6	10	1	1	–	8
Тема 6. Теплообмінники "труба в трубі", конденсатори та випарювачі	10	2	2	–	6	10	–	1	–	9
Тема 7. Пластинчасті теплообмінники	10	2	2	–	6	10	–	1	–	9

Тема 8. Повітроохолоджувані теплообмінники	10	2	2	–	6	10	1	–	–	9
Тема 9. Теплові труби	10	2	2	–	6	10	–	1	–	9
Тема 10. Градирні та сушильні установки	10	2	2	–	6	10	1	–	–	9
Тема 11. Особливості розрахунку теплообмінних апаратів контактного типу	10	2	2	–	6	10	1	1	–	8
Тема 12. Розрахунок теплообмінних апаратів на міцність	10	2	2	–	6	10	1	1	–	8
Разом за змістовим модулем 2	90	18	18	–	54	90	6	6	–	78
Змістовий модуль 3. Виготовлення, монтаж та експлуатація теплообмінних установок										
Тема 13. Матеріали теплообмінних апаратів. Виготовлення теплообмінних апаратів	10	2	2	–	6	10	1	–	–	9
Тема 14. Монтаж, випробування та приймання до експлуатації теплообмінних апаратів	10	2	2	–	6	10	1	1	–	8
Тема 15. Експлуатація, ремонт та техніка безпеки теплообмінних установок	10	2	2	–	6	10	–	1	–	9
Разом за змістовим модулем 3	30	6	6	–	18	30	2	2	–	26
Усього годин	150	30	30	–	90	150	10	10	–	130

Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		денна форма	заочна форма
1	Призначення та галузі застосування теплообмінних апаратів	2	–
2	Класифікація теплообмінних апаратів	2	1
3	Теплообмінні апарати у складі газотурбінних установок	2	1
4	Основи проєктування рекуперативних теплообмінних апаратів	2	–
5	Кожухотрубні теплообмінники з однофазними потоками	2	1
6	Теплообмінники "труба в трубі", конденсатори та випарювачі	2	1
7	Пластинчасті теплообмінники	2	1
8	Повітроохолоджувані теплообмінники	2	–
9	Теплові труби	2	1

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		денна форма	заочна форма
10	Градирні та сушильні установки	2	–
11	Особливості розрахунку теплообмінних апаратів контактного типу	2	1
12	Розрахунок теплообмінних апаратів на міцність	2	1
13	Матеріали теплообмінних апаратів. Виготовлення теплообмінних апаратів	2	–
14	Монтаж, випробування та приймання до експлуатації теплообмінних апаратів	2	1
15	Експлуатація, ремонт та техніка безпеки теплообмінних установок	2	1
	РАЗОМ	**30**	**10**

Самостійна робота

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

– підготовка до лекційних 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 роботі 10-20 аркушів А4) – мінімум 10 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	10
2	Підготовка до практичних занять	30	20
3	Підготовка рефератів	15	70

№ з/п	Вид роботи	Кількість годин	
		денна форма	заочна форма
4	Підготовка до заліку	30	30
	РАЗОМ	**90**	**130**

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.

Для зручної та ефективної організації навчального процесу використовується Google ClassRoom з навчальної дисципліни, де розташовані конспекти лекцій, завдання до індивідуальних робіт та супроводжувальні матеріали.

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

При дистанційному навчанні заняття проводяться в режимі відеоконференцій за допомогою онлайн-платформи Google Meet.

Засобами оцінювання та методами демонстрування результатів навчання з дисципліни "Теплообмінні апарати енергетичних установок" є:

– усні та письмові відповіді на практичних заняттях;

– підготовка рефератів;

– 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).

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.

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

Залік проводиться у комбінованій формі (письмові відповіді та усний захист). До білету входить чотири питання. Кожне питання оцінюється у 10 балів.

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	15 х 2 бали = 30 балів	10 х 2 бали = 20 балів
Підготовка рефератів	2 х 15 балів = 30 балів	2 х 20 балів = 40 балів
Залік	40 балів	40 балів
Всього	**100**	**100**

Відповідь на практичному занятті	**Критерії оцінювання**
2	Відповідь правильна, повна, логічна, містить аналіз, систематизацію, узагальнення, використані міжпредметні зв'язки, містить аргументовані висновки.
1	Відповідь частково правильна, містить неточності, недостатньо обґрунтована.
0	Студент не дає відповіді або відповідь містить значну кількість суттєвих помилок.
Максимальна кількість балів за даною формою контролю становить 30 для денної форми навчання та 20 за заочною формою навчання (відповідно 15 та 10 занять по 2 бали).	

Підготовка реферату (у дужках для заочної форми)	**Критерії оцінювання**
13-15 (17-20)	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.
10-12 (13-16)	Зміст роботи відповідає обраній темі; але має поверхневий аналіз, матеріал викладено непослідовно та необґрунтовано. Робота виконувалась не систематично та подана на перевірку науковому керівнику з порушенням плану виконання.
7-9 (9-12)	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.
4-6 (5-8)	Студент виявляє знання і розуміння більшості положень, але лише за допомогою викладача може виправляти помилки, серед яких є значна кількість суттєвих.
0-3 (0-4)	Робота не носить дослідницького характеру, не має аналізу і не відповідає пред'являємим вимогам. У роботі немає висновків або вони носять декларативний характер.
Максимальна кількість балів за даною формою контролю становить 30 для денної форми навчання (2 реферати по 15 балів) та 40 за заочною формою навчання (2 реферати по 20 балів).	

Відповідь на питання заліку	Критерії оцінювання
9-10	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.
7-8	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.
5-6	Студент спроможний чітко та стисло відповісти на питання білету, належно обґрунтовує матеріал, але допускає суттєві неточності у відповідях на запитання.
3-4	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.
1-2	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 на питання білету.
Максимальна кількість балів за даною формою контролю становить 40 (4 питання по 10 балів)	

8. Критерії оцінювання результатів навчання

		Денне відділення		Заочне відділення	
		Вид роботи	**Бали**	**Вид роботи**	**Бали**
ЗМ1	Т1	Практичне заняття №1	2	–	–
	Т2	Практичне заняття №2	2	Практичне заняття №1	2
	Т3	Практичне заняття №3	2	Практичне заняття №2	2
	Т1-Т3	Підготовка реферату	15	Підготовка реферату	20
ЗМ2	Т4	Практичне заняття №4	2	–	–
	Т5	Практичне заняття №5	2	Практичне заняття №3	2
	Т6	Практичне заняття №6	2	Практичне заняття №4	2
	Т7	Практичне заняття №7	2	Практичне заняття №5	2
	Т8	Практичне заняття №8	2	–	–
	Т9	Практичне заняття №9	2	Практичне заняття №6	2

		Денне відділення		Заочне відділення	
		Вид роботи	**Бали**	**Вид роботи**	**Бали**
	Т10	Практичне заняття №10	2	–	–
	Т11	Практичне заняття №11	2	Практичне заняття №7	2
	Т12	Практичне заняття №12	2	Практичне заняття №8	2
	Т4-Т12	Підготовка реферату	15	Підготовка реферату	20
ЗМЗ	Т13	Практичне заняття №13	2	–	–
	Т14	Практичне заняття №14	2	Практичне заняття №9	2
	Т15	Практичне заняття №15	2	Практичне заняття №10	2
Підсумковий контроль		Залік	40	Залік	40
Сума			**100**		**100**

9. Засоби навчання

1. Мультимедійне обладнання.

10. Рекомендовані джерела інформації

Основна література

1. 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.
2. Чепурний М.М., Ткаченко С.Й. Розрахунки тепломасообмінних апаратів. Вінниця : ВНТУ, 2006. 130 с.

Допоміжна література

1. Lienhard IV J., Lienhard V J. A heat transfer handbook. Cambridge : Phlogiston Press, 2020. 784 p.

2. Василенко С.М., Бессараб О.С., Шутюк В.В. Теплообмінні апарати. Основи розрахунку та вибору : цикл лекцій. Київ : УДУХТ, 2001. 24 с.
3. Литвиненко О.О. Методичні вказівки до виконання курсового проекту "Проектування рекуперативного теплообмінного апарату". Харків : НТУ "ХПІ", 2015. 52 с.
4. Масліков М.М. Холодильна технологія харчових продуктів: навч. посібник Київ : НУХТ, 2007. 335 с.
5. Процеси і апарати харчових виробництв / за ред. А.М.Поперечного. Київ : Центр учбової літератури, 2007. 301 с.
6. Чепурний М.М., Ткаченко С.Й., Бужинський В.В. Застосування теорії подібності для розв'язання задач тепломасообміну. Вінниця : ВДТУ, 2001. 110 с.
7. Чепурний М.М., Ткаченко С.Й. Основи технічної термодинаміки. Вінниця : Поділля, 2004. 351 с.
8. Чумак І.Г. Холодильні установки. Одеса : Пальміра, 2006. 552 с.
9. Шевель Є.В. Теплообмінні апарати та теплоносії. Київ : КПІ, 2022. 20 с.

Інформаційні ресурси в Інтернет

1. Google Академія: пошукова система і некомерційна бібліометрична база даних, що індексує наукові публікації та наводить дані про їх цитування. URL: https://scholar.google.com.ua/.
2. Каталог нормативних документів України. URL: http://csm.kiev.ua.
3. Сайт International Energy Agency. URL: https://www.iea.org/.
4. Сайт журналу "Збірник наукових праць Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова". URL: http://znp.nuos.mk.ua/.
5. Сайт журналу "Turbomachinery International". URL: https://www.turbomachinerymag.com/.
6. Сайт журналу "Power Technology". URL: https://www.power-technology.com/?cf-view.
7. Сайт науково-технічного збірника "Суднові енергетичні установки" Національного університету "Одеська морська академія". URL: http://old.onma.edu.ua/index.php?nauka-seu_ua#theme.

8. Сайт журналу "Науковий вісник Херсонської державної морської академії". URL: http://journals.ksma.ks.ua/nvksma.
9. Сайт журналу "Компресорне і енергетичне машинобудування". URL: http://mikem.com.ua/zhurnal.html.
10. Сайт журналу "Проблеми машинобудування". URL: https://journal-me.com.
11. Сайт журналу "Вісник Національного технічного університету "Харківський політехнічний інститут". Серія: "Енергетичні та теплотехнічні процеси й устаткування". URL: http://etpo.khpi.edu.ua.
12. Сайт журналу "Вісник Вінницького політехнічного інституту". URL: https://journals.vntu.edu.ua/uk.html#visnyk.
13. Сайт журналу "Вісник Приазовського державного технічного університету". Серія: "Технічні науки". URL: http://journals.uran.ua/vestnikpgtu_tech.
14. Сайт журналу "Техніка та енергетика". URL: https://technicalscience.com.ua/uk.

11. Зміни та доповнення