

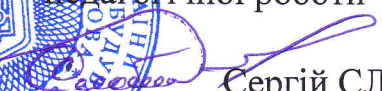
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ КОРАБЛЕБУДУВАННЯ
імені адмірала Макарова
МАШИНОБУДІВНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
КАФЕДРА ТУРБІН

Код РПНД Т73636



ЗАТВЕРДЖЕНО

Проректор з науково-
педагогічної роботи


Сергій СЛОБОДЯН

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
Program of the Discipline

Системи газотурбінних установок
SYSTEMS OF GAS TURBINE POWER PLANTS

рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)

тип дисципліни: обов'язкова

мова(и) викладання: українська

Миколаїв – 2024

Робоча програма навчальної дисципліни "Системи газотурбінних установок" є однією із складових комплексної підготовки фахівців галузі знань 14 "Електрична інженерія" спеціальності 142 "Енергетичне машинобудування" освітньої програми "Газотурбінні установки і компресорні станції".

01 вересня 2024 року. – 15 с.

Розробник:

Козловський А.В., доцент кафедри турбін, канд. техн. наук, доцент.

Проект робочої програми навчальної дисципліни "Системи газотурбінних установок" узгоджено з гарантом освітньої програми "Газотурбінні установки і компресорні станції".

Гарант освітньої програми
канд. техн. наук, доцент

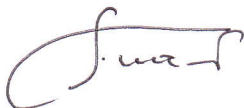


Артем КОЗЛОВСЬКИЙ

Проект робочої програми навчальної дисципліни "Системи газотурбінних установок" розглянуто на засіданні кафедри турбін.

Протокол № 8 від «23» 04 2024 р.

Завідувач кафедри



Володимир ПАТЛАЙЧУК

Проект робочої програми навчальної дисципліни "Системи газотурбінних установок" розглянуто Навчально-методичною радою Машинобудівного навчально-наукового інституту.

Протокол № 2 від «15» 05 2024 р.

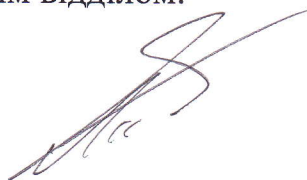
Голова



Сергій СЕРБІН

Проект робочої програми навчальної дисципліни "Системи газотурбінних установок" погоджено з навчальним відділом.

Начальник відділу



Андрій ЛАБАРТКАВА

Робоча програма навчальної дисципліни "Системи газотурбінних установок" затверджена Навчально-методичною радою НУК.

Протокол № 4 від «29» 05 2024 р.

Голова НМР НУК



Сергій СЛОБОДЯН

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	14
9. Інструменти, обладнання та програмне забезпечення, використання яких передбачає навчальна дисципліна	14
10. Рекомендовані джерела інформації	14

ВСТУП

Анотація

Дисципліна спрямована на вивчення складу та роботи систем, конструкцію окремих їх вузлів та механізмів, дати студентам основні принципи проєктування та розрахунків систем газотурбінних установок.

Дисципліна повинна ознайомити студентів з системами, які обслуговують газотурбінні установки, і дати базові знання в області проєктування систем сучасних газотурбінних агрегатів з виконанням необхідних розрахунків.

Протягом вивчення даної дисципліни студенти повинні ознайомитися із загальними та спеціальними вимогами до систем, їх принциповими схемами, складом і роботою, конструкцією окремих їх вузлів та механізмів, параметрами робочого тіла та їх зміну при роботі; уміти працювати із спеціальною літературою, проєктувати системи ГТА різного призначення та використовувати усі необхідні проєктувальні розрахунки; мати уявлення про подальше удосконалення систем, про використання для цих цілей досягнень науки та техніки у суміжних областях знань.

Ключові слова: газотурбінна установка, системи газотурбінної установки, проєктування систем газотурбінних агрегатів.

Abstract

The discipline is aimed at studying the composition and operation of systems, the design of their individual components and mechanisms, and teaching students the basic principles of designing and calculating GTE systems.

The discipline is intended to familiarize students with the systems that serve GTEs and provide basic knowledge in the field of designing systems of modern gas turbine units with the necessary calculations.

During the study of this discipline, students should familiarize themselves with the general and special requirements for systems, their schematic diagrams, composition and operation of systems, the design of their individual components and mechanisms, parameters of the working body and their change during operation; be able to work with special literature, design systems of ship or other purpose, modern gas turbine units and use all necessary design calculations; have an idea of further improvement of systems, the use of science and technology achievements in related fields of knowledge for these purposes.

Keywords: gas turbine power plant, gas turbine unit systems, design of gas turbine unit systems.

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	Газузь знань: 14 "Електрична інженерія"	Обов'язкова	
Модулів – 1	Спеціальність: 142 "Енергетичне машинобудування" Освітня програма: "Газотурбінні установки і компресорні станції"	Рік підготовки:	
Змістових модулів – 2		4-й	4-й
Електронний адрес РПНД на сайті Університету:		Семестр:	
Загальна кількість годин – 120		8-й	8-й
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 4; самостійної роботи студента – 4.	Освітній рівень: перший (бакалаврський)	Лекції	
		30 год	12 год
		Практичні заняття	
		15 год	6 год
		Самостійна робота	
		75 год	102 год
		Індивідуальні завдання	
		–	–
		Вид контролю: залік	
		Форма контролю: комбінована	

2. Мета вивчення навчальної дисципліни

Метою вивчення навчальної дисципліни "Системи газотурбінних установок" є формування у студентів відповідно до освітньо-професійної програми таких **компетентностей**:

- **ФК3.** Здатність аналізувати інформацію з літературних джерел, здійснювати патентний пошук, а також використовувати бази даних та інші джерела інформації для здійснення професійної діяльності.
- **ФК5.** Здатність розробляти енергозберігаючі технології та енергоощадні заходи під час проектування та експлуатації енергетичного і теплотехнологічного обладнання.
- **ФК8.** Здатність визначати режими експлуатації енергетичного та теплотехнологічного обладнання та застосовувати способи раціонального використання сировинних, енергетичних та інших видів ресурсів.

3. Передумови для вивчення дисципліни

Передумовами для вивчення дисципліни є освоєння матеріалу дисциплін "Конструкції та міцність турбомашин", "Газові та парові турбіни", "Осьові та відцентрові компресори", "Теорія турбін" та "Суднові газотурбінні установки", які викладаються у 5-7-му навчальних семестрах.

4. Очікувані результати навчання

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

- ПР 4. Застосовувати 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.
- ПР 6. Розробляти і проєктувати вироби в галузі енергетичного машинобудування, процеси і системи, що задовольняють конкретні вимоги, які можуть включати обізнаність про нетехнічні (суспільство, здоров'я і безпека, навколишнє середовище, економіка і промисловість) аспекти; обрання і застосовування адекватної методології проєктування.

5. Програма навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1. Системи, що забезпечують експлуатацію газотурбінних установок

Тема 1. Вступ. Завдання курсу. Основні розділи курсу. Системи газотурбінних установок (ГТУ) та їх класифікація. [1] стор.274-275, [2] стор.3-4.

Тема 2. Система змащення, її призначення, склад та робота. Типи систем змащення. [1] стор.320-326.

Тема 3. Умови роботи мастил у ГТУ, їх сорти та характеристики. Деякі вимоги Правил морського Регістра до циркуляційних систем змащення ГТУ. [3]

стор.263-276.

Тема 4. Агрегати системи змащення. [3] стор.30-41.

Тема 5. Система суфлювання, її призначення, склад та робота. Схеми систем суфлювання. Системи розвантаження, їх призначення, склад та робота. [3] стор.41-44.

Тема 6. Призначення паливної системи. Склад і робота системи на рідкому паливі. [1] стор.314-320, [3] стор.4-6.

Тема 7. Агрегати паливної системи на рідкому паливі. [3] стор.6-2.

Тема 8. Склад і робота паливної системи на газоподібному паливі. Агрегати системи. [3] стор.4-8.

Змістовий модуль 2. Системи, що забезпечують управління газотурбінною установкою, та системи загального призначення

Тема 9. Палива, що застосовуються в газотурбінних установках. Рідкі палива. Газоподібне паливо. [3] стор.239-263.

Тема 10. Система охолодження газотурбінного двигуна, її призначення та робота. [2] стор.62-64.

Тема 11. Система очищування газотурбінного двигуна та її робота. [3] стор.60.

Тема 12. Способи запуску газотурбінного двигуна. Процеси, що відбуваються в двигуні при запуску. Етапи запуску двокаскадного двигуна. [3] стор.152-170.

Тема 13. Способи реверсу газотурбінного агрегата та їх порівняння. Реверсивні пристрої: турбіна заднього ходу, гідрореверсивна передача, реверсивний редуктор, гвинт регульованого шагу, електрична передача. [1] стор.299-314.

Тема 14. Система пневмокерування газотурбінного двигуна та її робота. [3] стор.24-30.

Тема 15. Система вентиляції. Система контролю загазованості. Система пожежного захисту газотурбінного двигуна. Електроустаткування газотурбінного агрегату. [3] стор.54-59.

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. Системи, що забезпечують експлуатацію газотурбінних установок										
Тема 1. Вступ. Завдання курсу. Основні розділи курсу. Системи газотурбінних установок (ГТУ) та їх класифікація.	7	2	–	–	5	7	1	–	–	6
Тема 2. Система змащення. Її призначення, склад та робота. Типи систем змащення.	8	2	2	–	4	8	1	1	–	6
Тема 3. Умови роботи мастил у ГТУ, їх сорти та характеристики. Деякі вимоги Правил морського Регістра до циркуляційних систем змащення ГТУ	7	2	–	–	5	7	1	–	–	6
Тема 4. Агрегати системи змащення.	8	2	2	–	4	8	–	1	–	7
Тема 5. Система суфлювання. Її призначення, склад та робота. Схеми систем суфлювання. Системи розвантаження. Її призначення, склад та робота.	7	2	–	–	5	7	1	–	–	6
Тема 6. Призначення паливної системи. Склад і робота системи на рідкому паливі.	8	2	2	–	4	8	–	1	–	7
Тема 7. Агрегати паливної системи на рідкому паливі.	7	2	–	–	5	7	1	–	–	6
Тема 8. Склад і робота паливної системи на газоподібному паливі. Агрегати системи.	8	2	2	–	4	8	1	–	–	7
Разом за змістовим модулем 1	60	16	8	–	36	60	6	3	–	51
Змістовий модуль 2. Системи, що забезпечують управління газотурбінною установкою, та системи загального призначення										
Тема 9. Палива, що застосовуються в газотурбінних установках. Рідкі палива. Газоподібне паливо	8	2	2	–	4	8	1	1	–	6
Тема 10. Система охолодження газотурбінного двигуна, її призначення та робота.	9	2	–	–	7	9	1	–	–	8

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.
Тема 11. Система очищування газотурбінного двигуна та її робота.	8	2	2	–	4	8	–	1	–	7
Тема 12. Способи запуску газотурбінного двигуна. Процеси, що відбуваються в двигуні при запуску. Етапи запуску двокаскадного двигуна.	9	2	–	–	7	9	1	–	–	8
Тема 13. Способи реверсу газотурбінного агрегата та їх порівняння. Реверсивні пристрої: турбіна заднього ходу, гідрореверсивна передача, реверсивний редуктор, гвинт регульованого шагу, електрична передача.	8	2	2	–	4	8	1	1	–	6
Тема 14. Система пневмокерування газотурбінного двигуна та її робота.	9	2	–	–	7	9	1	–	–	8
Тема 15. Система вентиляції. Система контролю загазованості. Система пожежного захисту газотурбінного двигуна. Електроустаткування газотурбінного агрегату.	9	2	1	–	6	9	1	–	–	8
Разом за змістовим модулем 2	60	14	7	–	39	60	6	3	–	51
Разом за курсом	120	30	15	–	75	120	12	6	–	102

Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		денна форма	заочна форма
1	Система змащення ГТД Д050. Агрегати системи змащення.	2	1
2	Оцінка параметрів систем змащення на етапі проєктування ГТД. Методики іспитів елементів та вузлів систем змащення ГТД.	2	1
3	Системи суфлювання ГТД Д050 та UGT 25000. Агрегати системи суфлювання.	2	1
4	Паливна система ГТД Д050. Агрегати паливної системи.	2	–
5	Паливна система ГТД UGT 25000. Агрегати паливної системи.	2	1

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		денна форма	заочна форма
6	Система охолодження ГТД Д050, ГТД 110.	2	1
7	Повітряна система ГТД Д050.	2	1
8	Вимоги до пускових пристроїв ГТД, їх основні типи	1	–
РАЗОМ		15	6

Розподіл часу самостійної роботи

№ з/п	Вид роботи	Кількість годин	
		денна форма	заочна форма
1	Підготовка до практичних занять	15	15
2	Підготовка рефератів	30	57
3	Підготовка до заліку	30	30
РАЗОМ		75	102

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.

Під час карантину та надзвичайних ситуацій заняття проводяться дистанційно за допомогою онлайн-сервісу Zoom.

Засобами оцінювання та методами демонстрування результатів навчання з дисципліни "Системи газотурбінних 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 залікового 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	8 x 3 бали = 24 бали	6 x 3 бали = 18 балів
Підготовка рефератів	2 x 18 балів = 36 балів	2 x 21 балів = 42 бали
Залік	40 балів	40 балів
Всього	100	100

Відповіді на практичних заняттях	Критерії оцінювання
3	Відповідь правильна, повна, логічна, містить аналіз, систематизацію, узагальнення, використані міжпредметні зв'язки, містить аргументовані висновки.
2	Відповідь правильна, але недостатньо обґрунтована та/або містить деякі неточності.
1	Відповідь частково правильна, але містить значну кількість неточностей.
0	Студент не дає відповіді або відповідь містить значну кількість суттєвих помилок.
<i>Максимальна кількість балів за даною формою контролю становить 24 для денної форми навчання (8 занять по 3 бали) та 18 для заочної форми (6 занять по 3 бали)</i>	

Підготовка реферату		Критерії оцінювання
для денної форми	для заочної форми	
15-18	18-21	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.
11-14	13-17	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.
7-10	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.

Підготовка реферату		Критерії оцінювання
для денної форми	для заочної форми	
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.
<i>Максимальна кількість балів за даною формою контролю становить 36 для денної форми навчання (2 реферати по 18 балів) та 42 для заочної форми (2 реферати по 21 балу).</i>		

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.
<i>Максимальна кількість балів за даною формою контролю становить 40 (4 питання по 10 балів)</i>	

8. Критерії оцінювання результатів навчання

		Денне відділення		Заочне відділення	
		Вид роботи	Бали	Вид роботи	Бали
ЗМ1	T2	Практичне заняття №1	3	Практичне заняття №1	3
	T4	Практичне заняття №2	3	Практичне заняття №2	3
	T6	Практичне заняття №3	3	Практичне заняття №3	3
	T8	Практичне заняття №4	3	—	—
	T1-T8	Підготовка реферату №1	18	Підготовка реферату №1	21

		Денне відділення		Заочне відділення	
		Вид роботи	Бали	Вид роботи	Бали
ЗМ2	Т9	Практичне заняття №5	3	Практичне заняття №4	3
	Т11	Практичне заняття №6	3	Практичне заняття №5	3
	Т13	Практичне заняття №7	3	Практичне заняття №6	3
	Т15	Практичне заняття №8	3	–	–
	Т9-Т15	Підготовка реферату №2	18	Підготовка реферату №2	21
Підсумковий контроль		Залік	40	Залік	40
Сума			100		100

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

1. Мультимедійне обладнання.
2. Демонстраційні зразки газотурбінної техніки.

10. Рекомендовані джерела інформації

Основна література

1. Спіцин В.Є., Харченко В.І. Будова газотурбінного двигуна типу UGT 25000E: У 2 ч. Ч.1: Конструкція газотурбінного двигуна: навч. посібник. Миколаїв: НУК, 2007. 52 с.
2. Філоненко О.О., Харченко В.І. Будова газотурбінного двигуна типу UGT 25000E: У 2 ч. Ч.2: Системи газотурбінного двигуна: навч. посібник. Миколаїв: НУК, 2007. 68 с.
3. Романовський Г.Ф., Султанський Ю.О., Харченко В.І. Будова, правила технічної експлуатації та обслуговування газотурбінних двигунів: навч. посібник. Миколаїв: НУК, 2011. 156 с.

Допоміжна література

1. Романовський Г.Ф., Ващиленко М.В., Сербін С.І. Теоретичні основи проектування суднових газотурбінних агрегатів: навч. посібник. Миколаїв: УДМТУ, 2003. 304 с.
2. Романовський Г.Ф., Сербін С.І. Камери згоряння суднових газотурбінних двигунів: навч. посібник. Миколаїв: УДМТУ, 2000. 259 с.
3. Романовський Г.Ф., Ващиленко М.В., Седько М.П. Основи проектування компресорів суднових газотурбінних двигунів: навч. посібник. Миколаїв: НУК, 2008. 292 с.
4. Романовський Г. Ф., Сербін С. І., Патлайчук В. М. Газотурбінні агрегати: у 2-х ч. Ч. 1: Загальна будова та класифікація. Миколаїв: НУК, 2016. 215 с.
5. Романовський Г. Ф., Сербін С. І., Патлайчук В. М. Газотурбінні агрегати: у 2-х ч. Ч. 2: Елементи конструкцій. Миколаїв: НУК, 2017. 196 с.

Інформаційні ресурси в Інтернет

1. Сайт науково-технічного журналу "Збірник наукових праць Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова". URL: <http://znp.nuos.mk.ua/>.
2. Сайт науково-технічного журналу "Компресорне і енергетичне машинобудування". URL: <http://mikem.com.ua/zhurnal.html>.
3. Сайт науково-технічного журналу "Техніка та енергетика". URL: <https://technicalscience.com.ua/uk>.
4. Сайт науково-технічного журналу "Turbomachinery International". URL: <https://www.turbomachinerymag.com/>.
5. Сайт науково-технічного журналу "Power Technology". URL: <https://www.power-technology.com/?cf-view>.
6. Сайт науково-технічного журналу "Gas Turbine World". URL: <http://gasturbineworld.com>.