

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

Код РПНД Т73610



ЗАТВЕРДЖЕНО

Проректор з науково-
педагогічної роботи

 Сергій СЛОБОДЯН

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Program of the Discipline

Осьові та відцентрові компресори

AXIAL AND CENTRIFUGAL COMPRESSORS

рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)

тип дисципліни: обов'язкова

мова(и) викладання: українська

Робоча програма навчальної дисципліни "Осьові та відцентрові компресори" 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. – 22 с.

Розробник:

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

Проект робочої програми навчальної дисципліни "Осьові та відцентрові компресори" узгоджено з гарантом освітньої програми "Газотурбінні установки і компресорні станції".

Гарант освітньої програми
канд. техн. наук, доцент

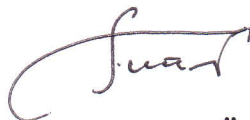


Артем КОЗЛОВСЬКИЙ

Проект робочої програми навчальної дисципліни "Осьові та відцентрові компресори" розглянуто на засіданні кафедри турбін.

Протокол № 8 від «23» 04 2024 р.

Завідувач кафедри



Володимир ПАТЛАЙЧУК

Проект робочої програми навчальної дисципліни "Осьові та відцентрові компресори" розглянуто Навчально-методичною радою Машинобудівного навчально-наукового інституту.

Протокол № 2 від «15» 05 2024 р.

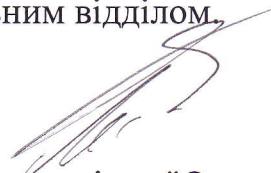
Голова



Сергій СЕРБІН

Проект робочої програми навчальної дисципліни "Осьові та відцентрові компресори" погоджено з навчальним відділом.

Начальник відділу



Андрій ЛАБАРТКАВА

Робоча програма навчальної дисципліни "Осьові та відцентрові компресори" 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	7
6. Методи навчання, засоби діагностики результатів навчання та методи їх демонстрування	14
7. Форми поточного та підсумкового контролю	15
8. Критерії оцінювання результатів навчання	18
9. Інструменти, обладнання та програмне забезпечення, використання яких передбачає навчальна дисципліна	19
10. Рекомендовані джерела інформації	20

ВСТУП

Анотація

Дисципліна спрямована на одержання базових знань в області теорії, розрахунку та проектування осьових та відцентрових компресорів, що забезпечить можливість створення вискоєфективних газотурбінних установок та компресорних станцій різноманітних типів та цільових призначень.

Дисципліна призначена ознайомити студентів із існуючими та перспективними типами компресорів та їх конструктивними особливостями; дати необхідний теоретичний апарат для проведення практичних розрахунків та проектування компресорів із оптимальними параметрами.

Внаслідок вивчення дисципліни студент повинен знати загальні термодинамічні основи теорії компресорів та особливості робочих процесів в осьових, відцентрових та осевідцентрових компресорах; шляхи підвищення їх ефективності; особливості робочого процесу в багатоступінчастих компресорах, тенденції у виборі основних геометричних і режимних параметрів роботи компресорів на перемінних режимах та методи визначення їх характеристик.

Ключові слова: осьовий компресор, відцентровий компресор, ступінь компресора, робочий процес, міра реактивності.

Abstract

The discipline is aimed at obtaining basic knowledge in the field of theory, calculation and design of axial and centrifugal compressors, which will ensure the possibility of creating highly efficient gas turbine units and compressor stations of various types and purposes.

The discipline is designed to acquaint students with existing and promising types of compressors and their design features; to give the necessary theoretical apparatus for conducting practical calculations and designing compressors with optimal parameters.

As a result of studying the discipline, the student should know the general thermodynamic basics of the theory of compressors and the peculiarities of work processes in axial, centrifugal and axial-centrifugal compressors; ways of increasing their effectiveness; features of the work process in multi-stage compressors, trends in the selection of the main geometric and operating parameters of compressors in variable modes and methods of determining their characteristics.

Keywords: axial compressor, centrifugal compressor, compressor stage, working process, degree of reactivity.

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність (освітня програма), освітній рівень	Характеристика навчальної дисципліни	
		Денна форма навчання	Заочна форма навчання
Кількість кредитів – 7	Галузь знань: 14 "Електрична інженерія"	Обов'язкова	
Модулів – 2	Спеціальність: 142 "Енергетичне машинобудування" Освітня програма: "Газотурбінні установки і компресорні станції"	Рік підготовки:	
Змістових модулів – 3		3-й	3-й
Індивідуальне науково-дослідне завдання: курсовий проєкт			
Загальна кількість годин – 210		Семестр:	
		5-й	5-й
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 5; самостійної роботи студента – 9.	Освітній рівень: перший (бакалаврський)	Лекції	
		30 год	12 год
		Практичні заняття	
		30 год	12 год
		Лабораторні заняття	
		15 год.	6 год.
		Самостійна робота	
		135 год	180 год
		Індивідуальні завдання	
		КП	КП
Вид контролю: екзамен та курсовий проєкт			
Форма контролю: комбінована			

2. Мета вивчення навчальної дисципліни

Метою вивчення навчальної дисципліни "Осьові та відцентрові компресори" є формування у студентів відповідно до освітньо-професійної програми таких **компетентностей**:

- ФК4. Здатність застосовувати стандартні методи розрахунку при проєктуванні деталей і вузлів енергетичного і технологічного обладнання.
- ФК15. Здатність виконувати термогазодинамічні та габаритні розрахунки, знаходити оптимальні значення параметрів устаткування компресорних станцій.

3. Передумови для вивчення дисципліни

Дисципліна "Осьові та відцентрові компресори" базується на попередньому вивченні студентами дисциплін "Теоретична механіка", "Деталі машин", "Технічна термодинаміка". Із цих дисциплін використовуються базові знання про особливості конструювання та теплового розрахунку енергетичних машин та їх елементів.

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 8. Використовувати наукові бази даних та інші відповідні джерела інформації, здійснювати моделювання з метою детального вивчення і дослідження інженерних питань принаймні в одному з напрямів енергетичного машинобудування.
- ПР 24. Уміння визначати тип та марку устаткування компресорних станцій; виконувати розрахунки їх теплового балансу та визначати ефективність використання окремих елементів.

5. Програма навчальної дисципліни

Модуль 1

Змістовий модуль 1. Загальні відомості про компресори газотурбінних установок і компресорних станцій

Тема 1. Основні поняття і визначення компресорів. Класифікація компресорів. Компресори статичного і динамічного принципу дії [2]. стор. 8-12.

Тема 2. Будова та принцип дії осьового компресора. Переваги та недоліки осьових компресорів [2]. стор. 12-14, [3]. стор. 63-67.

Тема 3. Будова та принцип дії відцентрового компресора. Переваги та недоліки відцентрових компресорів. Особливості їх застосування у складі газотурбінних агрегатів і компресорних станцій [2]. стор. 14-15, 206-208, [3]. стор. 67-76.

Змістовий модуль 2. Основи теорії компресорів

Тема 4. Основні рівняння робочого процесу лопаткових компресорів. Статичні і повні параметри газового потоку [1]. стор. 11-15, [2]. стор. 20-31.

Тема 5. Способи оцінки якості перетворення енергії в компресорі. ККД компресора [1]. стор. 15-19, [2]. стор. 31-42.

Тема 6. Схема і принцип дії осьового компресорного ступеня. Геометричні і аеродинамічні параметри компресорних ступенів [1]. стор. 20-25, [2]. стор. 44-54.

Тема 7. Силевий вплив газу на робочі лопатки осьового компресора. Рівняння Ейлера. Теоретичний напор [2]. стор. 53-62.

Тема 8. Осьові компресорні ступені з мірою реактивності $\rho_k = 0,5$ та $1,0$. Їх порівняння [1]. стор. 32-44, [2]. стор. 84-98.

Тема 9. Структура потоку і аналіз втрат енергії в компресорних каналах. Профільні та кінцеві втрати енергії в компресорних каналах [1]. стор. 45-52, [2]. стор. 115-121.

Тема 10. Зміна параметрів газу по радіусу проточної частини осьового компресорного ступеня. Необхідність закрутки профілів компресорних лопаток по довжині [1]. стор. 53-68, [2]. стор. 98-103.

Тема 11. Особливості різних методів закрутки компресорних лопаток. Їх порівняння [1]. стор. 69-79, [2]. стор. 106-112.

Тема 12. Рух газу у відцентровому компресорі. Оцінка ефективності перетворення енергії у відцентровому компресорі [1]. стор. 80-88, [2]. стор. 174-182.

Змістовий модуль 3. Режим роботи і характеристики компресорів

Тема 13. Режим роботи і характеристики компресорів. Критеріальні рівняння [1]. стор. 110-115, [2]. стор. 222-225.

Тема 14. Хитливі режими роботи компресора. Лінія режимів роботи. Запас стійкості компресора [1]. стор. 116-121, [2]. стор. 225-239.

Тема 15. Способи регулювання роботи компресорів [1]. стор. 122-134, [2]. стор. 239-246.

Модуль 2 (курсний проєкт)

Індивідуальне науково-дослідне завдання [2].

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.
Модуль 1										
Змістовий модуль 1. Загальні відомості про компресори газотурбінних установок і компресорних станцій										
Тема 1. Основні поняття і визначення компресорів. Класифікація компресорів. Компресори статичного і динамічного принципу дії	10	2	2	2	4	10	1	1	1	7
Тема 2. Будова та принцип дії осьового компресора. Переваги та недоліки осьових компресорів	10	2	2	2	4	10	1	1	1	7
Тема 3. Будова та принцип дії відцентрового компресора. Переваги та недоліки відцентрових компресорів. Особливості їх застосування у складі газотурбінних агрегатів і компресорних станцій	10	2	2	4	2	10	1	1	1	7
Разом за змістовим модулем 1	30	6	6	8	10	30	3	3	3	21
Змістовий модуль 2. Основи теорії компресорів										
Тема 4. Основні рівняння робочого процесу лопаткових компресорів. Статичні і повні параметри газового потоку	7	2	2	–	3	7	1	1	–	5
Тема 5. Способи оцінки якості перетворення енергії в компресорі. ККД компресора	7	2	2	–	3	7	1	1	–	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.
Тема 6. Схема і принцип дії осьового компресорного ступеня. Геометричні і аеродинамічні параметри компресорних ступенів	6	2	2	–	2	6	1	–	–	5
Тема 7. Силний вплив газу на робочі лопатки осьового компресора. Рівняння Ейлера. Теоретичний напор	7	2	2	–	3	7	1	1	–	5
Тема 8. Осьові компресорні ступені з мірою реактивності $p_k = 0,5$ та $1,0$. Їх порівняння	7	2	2	–	3	7	1	1	–	5
Тема 9. Структура потоку і аналіз втрат енергії в компресорних каналах. Профільні та кінцеві втрати енергії в компресорних каналах	6	2	2	–	2	6	–	1	–	5
Тема 10. Зміна параметрів газу по радіусу проточної частини осьового компресорного ступеня. Необхідність закрутки профілів компресорних лопаток по довжині	7	2	2	–	3	7	1	1	–	5
Тема 11. Особливості різних методів закрутки компресорних лопаток. Їх порівняння	7	2	2	–	3	7	1	–	–	6
Тема 12. Рух газу у відцентровому компресорі. Оцінка ефективності перетворення енергії у відцентровому компресорі	6	2	2	–	2	6	–	1	–	5
Разом за змістовим модулем 2	60	18	18	–	24	60	7	7	–	46
Змістовий модуль 3. Режим роботи і характеристики компресорів										
Тема 13. Режим роботи і характеристики компресорів. Критеріальні рівняння	10	2	2	2	4	10	1	1	1	7
Тема 14. Хитливі режими роботи компресора. Лінія режимів роботи. Запас стійкості компресора	10	2	2	2	4	10	1	–	1	8
Тема 15. Способи регулювання роботи компресорів	10	2	2	3	3	10	–	1	1	8
Разом за змістовим модулем 3	30	6	6	7	11	30	2	2	3	23
Усього годин за модулем 1	120	30	30	15	45	120	12	12	6	90

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.
Модуль 2 (курсний проєкт)										
Інформаційний пошук	6	–	–	–	6	6	–	–	–	6
Попередній розрахунок проточної частини компресора	18	–	–	–	18	18	–	–	–	18
Поступеневий розрахунок проточної частини компресора	40	–	–	–	40	40	–	–	–	40
Розробка креслення поздовжнього перерізу компресора	10	–	–	–	10	10	–	–	–	10
Оформлення розрахунково-пояснювальної записки	10	–	–	–	10	10	–	–	–	10
Захист проєкту	6	–	–	–	6	6	–	–	–	6
Усього годин за модулем 2	90	–	–	–	90	90	–	–	–	90
Разом за курсом	210	30	30	15	135	210	12	12	6	180

Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		денна форма	заочна форма
1	Вивчення загальної будови осьових компресорів. Їх основні характеристики	2	1
2	Вивчення загальної будови відцентрових компресорів. Їх основні характеристики	2	1
3	Вивчення загальної будови осевідцентрових компресорів. Їх основні характеристики	2	1
4	Особливості використання компресорів у складі газотурбінних агрегатів	2	1
5	Особливості використання компресорів як нагнітачів природного газу на компресорних станціях	2	1
6	Вивчення конструкцій деталей проточних частин осьових та відцентрових компресорів	2	–
7	Вивчення конструкцій роторів та опор компресорів	2	1
8	Вивчення конструкцій корпусних елементів компресорів	2	1

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		денна форма	заочна форма
9	Вивчення принципів використання одновимірної моделі для розрахунку осьових компресорних ступенів	2	1
10	Попередній розрахунок осьового компресора на середньому діаметрі	2	1
11	Поступеневий розрахунок осьового компресора на середньому діаметрі	2	–
12	Газодинамічний розрахунок осьового компресорного ступеня	2	1
13	Розрахунок закручення лопаток робочого колеса компресорного ступеня	2	1
14	Розрахунок закручення лопаток напрямного апарату компресорного ступеня	2	–
15	Особливості експлуатація осьових та відцентрових компресорів	2	1
РАЗОМ		30	12

Теми лабораторних робіт

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		денна форма	заочна форма
1	Визначення втрат в плоскій компресорній решітці та кута виходу потоку. Частина 1 – Перша серія дослідів	2	1
2	Визначення втрат в плоскій компресорній решітці та кута виходу потоку. Частина 2 – Друга серія дослідів	2	1
3	Випробування приводного відцентрового компресора	4	1
4	Розрахунок універсальної характеристики осьового компресора. Частина 1 – Визначення міри підвищення тиску і витрати повітря	2	1
5	Розрахунок універсальної характеристики осьового компресора. Частина 2 – Визначення адіабатного ККД компресора	2	1
6	Розрахунок витратної характеристики газостатичного та лабіринтового ущільнення	3	1
РАЗОМ		15	6

Розподіл часу самостійної роботи

№ з/п	Вид роботи	Кількість годин	
		денна форма	заочна форма
Модуль 1			
1	Підготовка до лабораторних робіт	15	30
2	Підготовка до екзамену	30	30
	Усього годин за модулем 1	45	60
Модуль 2 (курсовий проєкт)			
1	Виконання курсового проєкту	90	90
	Усього годин за модулем 2	90	90
Разом за курсом		135	150

Індивідуальне науково-дослідне завдання (курсовий проєкт)

В індивідуальному науково-дослідному завданні (курсовому проєкті) виконується проєктування та дослідження параметрів осьового багатоступінчастого компресора заданого призначення під певні вихідні параметри та умови експлуатації.

Протягом інформаційного пошуку проводиться аналіз характеристик та конструкції компресорів даного типу і призначення, серійно виготовляємих провідними компаніями світу. З метою визначення основних розмірів проточної частини та загального числа ступенів компресора виконується його попередній розрахунок.

З використанням методик, розроблених на кафедрі турбін НУК ім. адм. Макарова, в процесі поступеневого розрахунку для кожного ступеня компресора визначаються його термогазодинамічні та габаритні показники.

Отримані протягом розрахунків параметри використовуються як вихідні для розробки конструкції та побудови ескізу проточної частини компресора і креслення його поздовжнього перерізу.

Приклади тем індивідуальних завдань курсового проєкту:

- "Проектування осьового компресора низького тиску для суднового газотурбінного двигуна потужністю 16 МВт";

- "Проектування осьового компресора високого тиску для газотурбінної установки аварійного енергозабезпечення потужністю 10 МВт";
- "Проектування осьового компресора високого тиску для корабельного газотурбінного двигуна потужністю 25 МВт";
- "Проектування осьового компресора для енергетичного газотурбінного агрегату потужністю 110 МВт";
- "Проектування осьового компресора високого тиску для газотурбінного газоперекачувального агрегату потужністю 16 МВт";
- "Проектування осьового компресора високого тиску для автономного газотурбогенератора потужністю 6 МВт";
- "Проектування осьового компресора з кінцевим тиском 2,5 МПа для нафтопереробного заводу";
- "Проектування осьового компресора низького тиску для автономного газотурбогенератора потужністю 4 МВт";
- "Проектування осьового компресора з кінцевим тиском 2,0 МПа для підприємства з виробництва азотної кислоти";
- "Проектування осьового компресора низького тиску для газотурбінної частини парогазової установки потужністю 180 МВт";
- "Проектування осьового компресора високого тиску для газотурбінної частини парогазової установки потужністю 60 МВт".

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

Набуття здобувачами компетенцій забезпечується через засвоєння навчального матеріалу у вигляді лекційних, практичних, лабораторних занять, виконання науково-дослідного завдання та самостійної роботи студентів.

Основними методами навчання з дисципліни є:

1. Пояснювально-ілюстративний метод, за допомогою повідомлення та засвоєння інформації на лекційних, практичних та лабораторних заняттях словесними й наочними засобами.
2. Проблемний метод, коли на практичних та лабораторних заняттях створюються пошукові ситуації, розвивається активність, самостійність, творчі здібності здобувачів освіти.

3. Дослідницький – творче застосування знань, оволодіння методами наукового пізнання, формування досвіду самостійного наукового пошуку.

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 та лабораторних робіт проводяться групові та індивідуальні консультації за розкладом кафедри.

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

Засобами оцінювання та методами демонстрування результатів навчання з дисципліни "Осьові та відцентрові компресори" є:

- усні та письмові відповіді на практичних заняттях;
- виконання лабораторних робіт;
- виконання курсового проєкту;
- екзамен.

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 екзамену. 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 та лабораторному 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 та лабораторних заняттях.

Питома вага заключного екзамену в загальній системі оцінок – **40 балів**. Право здавати заключний екзамен надається студенту, який з урахуванням

отриманих балів проміжних оцінок і заключного екзамену може набрати разом не менше **60 балів**. Підсумкова оцінка навчального курсу є сумою проміжних оцінок і оцінки екзамену.

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

Виконання індивідуального науково-дослідного завдання (курсового проекту) оцінюється окремо.

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
Модуль 1		
Відповіді на практичних заняттях №№ 1-12	12 x 1 бал = 12 балів	12 x 1 бал = 12 балів
Виконання лабораторних робіт	6 x 8 балів = 48 балів	6 x 8 балів = 48 балів
Екзамен	40 балів	40 балів
Всього	100	100
Модуль 2 (курсовий проєкт)		
Пояснювальна записка	40 балів	40 балів
Графічна частина	20 балів	20 балів
Захист проєкту	40 балів	40 балів
Всього	100	100

Відповіді на практичних заняттях №№1-12	Критерії оцінювання
1	Відповідь правильна, логічна, містить аргументовані висновки.
0	Студент не дає відповіді або відповідь містить значну кількість суттєвих помилок.
Максимальна кількість балів за даною формою контролю становить 12 (12 занять по 1 балу)	

Виконання лабораторної роботи	Критерії оцінювання
7-8	Робота виконана у встановлений термін. Виконана самостійно, чітко сформульовані цілі, завдання та гіпотеза досліджень. Застосовувалися коректні методи обробки отриманих результатів. У висновках проведена коректна інтерпретація результатів.
5-6	Робота виконана з порушенням встановлених термінів. Студент виконує лабораторну роботу згідно з інструкцією, іноді після консультації викладача; описує спостереження; складає звіт, що містить неточності у висновках та помилки.
3-4	Робота виконана з порушенням встановлених термінів. Студент виконує лабораторну згідно з інструкцією; складений звіт містить неточності у висновках та помилки.
1-2	Робота виконана з порушенням встановлених термінів. Студент виконує лабораторну під керівництвом викладача; складений звіт містить неточності у висновках та помилки.
0	Робота не виконувалася
<i>Максимальна кількість балів за даною формою контролю становить 48 (6 занять по 8 балів)</i>	

Відповідь на питання екзамена	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>	

Оцінювання виконання курсового проєкту

Параметри оцінювання	Кількість балів	Критерії оцінювання за бальною шкалою
Пояснювальна записка	36-40	Зміст роботи відповідає обраній темі; наявність чітко сформульованої проблеми; адекватність формулювання об'єкта, предмета, мети та задач дослідження; визначення ступеню розробленості проблеми дослідження; наявність посилань на використану літературу та відповідність оформлення роботи стандарту; адекватність обраних методів предмету дослідження, грамотне використання методів (процедура, обробка, інтерпретація результатів); використання методів математичної статистики; відповідність висновків меті та завданням дослідження. Робота виконувалась систематично та вчасно подана на перевірку науковому керівнику у відповідності із планом виконання курсового проєкту.
	31-35	Зміст роботи відповідає обраній темі; наявність чітко сформульованої проблеми; адекватність формулювання об'єкта, предмета, мети та задач дослідження; визначення ступеню розробленості проблеми дослідження; наявність посилань на використану літературу та відповідність оформлення роботи стандарту; адекватність обраних методів предмету дослідження, грамотне використання методів (процедура, обробка, інтерпретація результатів); використання методів математичної статистики; відповідність висновків меті та завданням дослідження. Робота виконувалась не систематично та подана на перевірку науковому керівнику з порушенням плану виконання курсового проєкту.
	21-30	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 курсового проєкту.
	16-20	Робота, оформлена за вимогами, які пред'являються до курсових проєктів, але має недостатньо критичний аналіз, матеріал викладено непослідовно та необґрунтовано. Основні тези роботи розкриті, але недостатньо обґрунтовані, нечітко сформульовано висновки, пропозиції і рекомендації.
	6-15	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.
	0-5	Робота не носить дослідницького характеру, не має аналізу і не відповідає вимогам, які пред'являються до курсових проєктів. У роботі немає висновків або вони носять декларативний характер.
Графічна частина	16-20	Графічна частина якісно виконана, елементи креслень підготовлені відповідно до вимог, що висуваються.
	11-15	Графічна частина якісно виконана, елементи креслень оформлені з незначними зауваженнями.
	6-10	Графічна частина низької якості, елементи креслень виконані із порушеннями.
	0-5	Графічна частина низької якості, елементи креслень виконані із суттєвими порушеннями.

Параметри оцінювання	Кількість балів	Критерії оцінювання за бальною шкалою
Захист роботи	36-40	Доповідь логічно побудована, студент чітко та стисло викладає основні результати дослідження, показує глибокі знання з питань теми, оперує даними дослідження, вносить пропозиції по темі дослідження, під час доповіді вміло використовує графічну частину, впевнено і докладно відповідає на поставлені запитання.
	31-35	Студент спроможний чітко та стисло викласти основні результати дослідження, дає правильні відповіді на всі запитання, але не завжди упевнений в аргументації або не завжди коректно її формулює.
	26-30	Студент спроможний чітко та стисло викласти основні результати дослідження, належно обґрунтовує положення роботи, але допускає неточності у відповідях на запитання.
	21-25	Студент спроможний чітко та стисло викласти основні результати дослідження, але допускає суттєві неточності у відповідях на запитання, не завжди належно обґрунтовує положення роботи.
	16-20	Студент невпорядковано викладає основні результати дослідження, намагається дати відповідь на поставлені запитання і робить спроби аргументувати положення роботи.
	11-15	Студент невпорядковано викладає основні результати дослідження, робить спроби аргументувати положення роботи, надає неповні, поверхові, необґрунтовані відповіді на поставлені питання.
	6-10	Студент демонструє задовільні знання з теми дослідження, але не може впевнено й чітко відповісти на додаткові запитання членів комісії, та належно обґрунтувати положення роботи.
	0-5	Студент невпорядковано викладає основні результати дослідження, не спроможний дати відповідь на запитання, відстоювати свою позицію.

8. Критерії оцінювання результатів навчання

		Денне відділення		Заочне відділення	
		Вид роботи	Бали	Вид роботи	Бали
Модуль 1					
ЗМ1	Т1	Практичне заняття №1	1	Практичне заняття №1	1
		Лабораторна робота №1	8	Лабораторна робота №1	8
	Т2	Практичне заняття №2	1	Практичне заняття №2	1
		Лабораторна робота №2	8	Лабораторна робота №2	8
	Т3	Практичне заняття №3	1	Практичне заняття №3	1
		Лабораторна робота №3	8	Лабораторна робота №3	8

		Денне відділення		Заочне відділення	
		Вид роботи	Бали	Вид роботи	Бали
ЗМ2	T4	Практичне заняття №4	1	Практичне заняття №4	1
	T5	Практичне заняття №5	1	Практичне заняття №5	1
	T6	Практичне заняття №6	1	—	—
	T7	Практичне заняття №7	1	Практичне заняття №6	1
	T8	Практичне заняття №8	1	Практичне заняття №7	1
	T9	Практичне заняття №9	1	Практичне заняття №8	1
	T10	Практичне заняття №10	1	Практичне заняття №9	1
	T11	Практичне заняття №11	1	—	—
	T12	Практичне заняття №12	1	Практичне заняття №10	1
ЗМ3	T13	—	—	Практичне заняття №11	1
		Лабораторна робота №4	8	Лабораторна робота №4	8
	T14	Лабораторна робота №5	8	Лабораторна робота №5	8
	T15	—	—	Практичне заняття №12	1
		Лабораторна робота №6	8	Лабораторна робота №6	8
Підсумковий контроль		Екзамен	40	Екзамен	40
Сума			100		100
Модуль 2 (курсовий проєкт)					
		Пояснювальна записка	40	Пояснювальна записка	40
		Графічна частина	20	Графічна частина	20
		Захист проєкту	40	Захист проєкту	40
Сума			100		100

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

1. Мультимедійне обладнання.
2. Лабораторний стенд для визначення втрат енергії в плоскій компресорній

решітці та кута виходу потоку.

3. Лабораторний стенд для випробування приводного відцентрового компресора.

10. Рекомендовані джерела інформації

Основна література

1. Кулик М.С., Моца В.Г., Шпакович М.І. Теорія компресорів та газотурбінних установок: навч. посібник. Київ: НАУ, 2002. 252 с.
2. Романовський Г.Ф., Ващилєнко М.В., Седько М.П. Основи проектування компресорів суднових газотурбінних двигунів: навч. посібник. Миколаїв: НУК, 2008. 282 с.
3. 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.

Допоміжна література

1. Збірник завдань та вправ з теорії і проектування турбінних агрегатів: навч. посібник / Г.Ф. Романовський, С.І. Сербін, М.В. Ващилєнко, М.П. Седько, В.М. Патлайчук, В.І. Харченко. Миколаїв: НУК, 2012. 248 с.
2. Патлайчук В.М., Буй Ван Фат. Дослідження особливостей підвищення параметрів газотурбінних агрегатів за рахунок впорскування води в проточну частину компресора. *Збірник наукових праць НУК ім. адм. Макарова*. 2015. № 4. С. 34-40.
3. Патлайчук В.М., Чужинів В.К. Вибір параметрів осевідцентрового компресора одновального газотурбінного двигуна суднової електростанції. *Суднова енергетика: стан та проблеми*: Матеріали VIII Міжн. наук.-техн. конф. Миколаїв: НУК, 2017. С. 72-76.
4. Патлайчук В.М., Чужинів В.К. Дослідження ефективності осевідцентрового компресора газотурбінного двигуна потужністю 2,85 МВт. *Муніципальна енергетика: проблеми, рішення*: Матеріали VII Міжн. наук.-техн. конф. Миколаїв: НУК, 2017. С. 63- 67.

5. Романовський Г.Ф., Ващиленко М.В., Сербін С.І. Теоретичні основи проектування суднових газотурбінних агрегатів: навч. посібник. Миколаїв: УДМТУ, 2003. 304 с.
6. Романовський Г. Ф., Сербін С. І., Патлайчук В. М. Газотурбінні агрегати: у 2-х ч. Ч. 2: Елементи конструкцій. Миколаїв: НУК, 2017. 196 с.
7. Сербін С.І., Седько М.П. Газодинамічний розрахунок осьового компресора з використанням ПЕОМ: навч. посібник. Миколаїв: УДМТУ, 1999. 51 с.
8. Liu K., Chen D., Serbin S., Patlaichuk V. Gas Turbines Structural Properties, Operation Principles and Design Features. Shanghai: Springer Nature Singapore Pte Ltd, 2023. 256 p.
9. Patlaichuk V.M., Vaschilenko M.V. Design of gas turbine units. Миколаїв: НУК, 2020. 88 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 World Nuclear Association. URL: <https://www.world-nuclear.org/>.
5. Сайт науково-технічного журналу "Збірник наукових праць Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова". URL: <http://znp.nuos.mk.ua/>.
6. Сайт науково-технічного журналу "Turbomachinery International". URL: <https://www.turbomachinerymag.com/>.
7. Сайт науково-технічного журналу "Power Technology". URL: <https://www.power-technology.com/?cf-view>.
8. Сайт науково-технічного журналу "Gas Turbine World". URL: <http://gasturbineworld.com>.
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>.