

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

Код РПНД Т7366



ЗАТВЕРДЖЕНО

Проректор з науково-
педагогічної роботи

 Сергій СЛОБОДЯН

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Program of the Discipline

Конструкції та міцність турбомашин

DESIGNS AND STRENGTH OF TURBOMACHINES

рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)

тип дисципліни: обов'язкова

мова(и) викладання: українська

Робоча програма навчальної дисципліни "Конструкції та міцність турбомашин" 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. – 20 с.

Розробник:

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

Проект робочої програми навчальної дисципліни "Конструкції та міцність турбомашин" узгоджено з гарантом освітньої програми "Газотурбінні установки і компресорні станції".

Гарант освітньої програми
канд. техн. наук, доцент

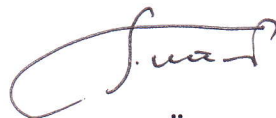


Артем КОЗЛОВСЬКИЙ

Проект робочої програми навчальної дисципліни "Конструкції та міцність турбомашин" розглянуто на засіданні кафедри турбін.

Протокол № 8 від «23» 04 2024 р.

Завідувач кафедри



Володимир ПАТЛАЙЧУК

Проект робочої програми навчальної дисципліни "Конструкції та міцність турбомашин" розглянуто Навчально-методичною радою Машинобудівного навчально-наукового інституту.

Протокол № 2 від «15» 05 2024 р.

Голова



Сергій СЕРБІН

Проект робочої програми навчальної дисципліни "Конструкції та міцність турбомашин" погоджено з навчальним відділом.

Начальник відділу



Андрій ЛАБАРТКАВА

Робоча програма навчальної дисципліни "Конструкції та міцність турбомашин" затверджена Навчально-методичною радою НУК.

Протокол № 4 від «29» 05 2024 р.

Голова НМР НУК



Сергій СЛОБОДЯН

© НУК, 2024

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	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	19

ВСТУП

Анотація

Дисципліна "Конструкції та міцність турбомашин" є основною для професійної підготовки студентів спеціальності 142 "Енергетичне машинобудування" з вивчення конструкції турбінних агрегатів. У ній викладаються питання, пов'язані із загальною будовою сучасних газотурбінних двигунів та парових турбін, розглядається будова їх головних складових елементів, класифікація турбоагрегатів; викладаються питання міцностних розрахунків елементів турбінних двигунів.

Матеріал дисципліни включає також питання, необхідні для подальшого проектування газо- і паротурбінних агрегатів, а також для самостійного поглиблення знань зі спеціальності.

Ключові слова: конструкція, міцність, жорсткість, газотурбінний двигун, парова турбіна.

Abstract

The discipline "Designs and strength of turbomachines" is the main one for the professional training of students of the specialty 142 "Power machinery" in the study of the design of turbine units. It describes issues related to the general structure of modern gas turbine engines and steam turbines, considers the structure of their main components, classification of turbine units; issues of strength calculations of elements of turbine engines are presented.

The material of the discipline also includes questions necessary for the further design of gas and steam turbine units, as well as for independent deepening of knowledge in the specialty.

Keywords: design, strength, rigidity, gas turbine engine, steam turbine.

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність (освітня програма), освітній рівень	Характеристика навчальної дисципліни	
		Денна форма навчання	Заочна форма навчання
Кількість кредитів – 7	Газузь знань: 14 "Електрична інженерія"	Обов'язкова	
Модулів – 1	Спеціальність: 142 "Енергетичне машинобудування" Освітня програма: "Газотурбінні установки і компресорні станції"	Рік підготовки:	
Змістових модулів – 3		4-й	4-й
Електронний адрес РПНД на сайті Університету:		Семестр:	
Загальна кількість годин – 210		7-й	7-й
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 7; самостійної роботи студента – 7.	Освітній рівень: перший (бакалаврський)	Лекції	
		60 год	22 год
		Практичні заняття	
		45 год	16 год
		Самостійна робота	
		105 год	172 год
		Індивідуальні завдання	
		–	–
		Вид контролю: екзамен	
		Форма контролю: комбінована	

2. Мета вивчення навчальної дисципліни

Метою вивчення навчальної дисципліни "Конструкції та міцність турбомашин" є формування у студентів відповідно до освітньо-професійної програми таких **компетентностей**:

- **ФК4.** Здатність застосовувати стандартні методи розрахунку при проектуванні деталей і вузлів енергетичного і технологічного обладнання.
- **ФК13.** Здатність обирати оптимальну конструкцію газотурбінної установки для конкретних умов застосування, виконувати перевірочні розрахунки на міцність найважливіших елементів газотурбінної установки.

3. Передумови для вивчення дисципліни

Дисципліна "Конструкції та міцність турбомашин" базується на

попередньому вивченні студентами дисциплін "Матеріалознавство та технологія конструкційних матеріалів", "Теоретична механіка", "Опір матеріалів", "Деталі машин", "Газові та парові турбіни", "Теорія турбін", "Осьові та відцентрові компресори". З цих дисциплін використовуються базові знання про принцип дії та будову турбінних агрегатів, методи міцностних розрахунків деталей машин, про матеріали, які застосовуються для виготовлення елементів турбінних двигунів.

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 21. Аналізувати розвиток науки і техніки.
- ПР 23. Уміння проводити аналіз конструкції або конструктивної схеми газотурбінної установки у конкретних умовах її експлуатації.

5. Програма навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1. Оцінення міцності деталей турбомашин

Тема 1. Типи навантажень та деформацій. Статична та динамічна міцність [1]. стор. 23-26, [4]. стор. 3-12.

Тема 2. Міцностні характеристики матеріалів, що використовуються у турбінобудуванні [1]. стор. 23-26, [4]. стор. 3-12.

Тема 3. Методи оцінення міцності деталей турбомашин [1]. стор. 26-27, [4]. стор. 13-18.

Тема 4. Особливості поведінки пластичних матеріалів при високій температурі [1]. стор. 27-29, [4]. стор. 19-24.

Тема 5. Міцність при змінних напруженнях. Концентрація напружень. Малоциклова та термічна міцність [2]. стор. 34-45.

Тема 6. Елементи теорії надійності [2]. стор. 45-57.

Змістовий модуль 2. Конструювання та розрахунок на міцність лопаточного апарату турбомашин

Тема 7. Статична міцність робочих лопаток. Розтягнення профільної частини робочих лопаток відцентровими силами [1]. стор. 29-31, [4]. стор. 28-36.

Тема 8. Робоча лопатка постійного перерізу. Робоча лопатка змінного перерізу [1]. стор. 31-33, [4]. стор. 37-45.

Тема 9. Чисельний метод розрахунку робочих лопаток на розтягнення. Рівномісна лопатка [1]. стор. 33-35, [4]. стор. 46-52.

Тема 10. Згин робочих лопаток газодинамічними силами. Згин робочих лопаток відцентровими силами. Визначення запасу міцності профільної частини робочих лопаток [1]. стор. 35-37, [4]. стор. 53-68.

Тема 11. Вібрація робочих лопаток турбомашин. Головні поняття. Причини вібрації [1]. стор. 37-39, [4]. стор. 69-76.

Тема 12. Визначення власної частоти коливань робочих лопаток енергетичним методом. Вплив різних факторів на частоту коливань [1]. стор. 39-41, [4]. стор. 77-89.

Тема 13. Оцінка напружень в робочій лопатці при резонансі. Резонансні частоти обертання турбінного двигуна. Резонансна діаграма коливань [1]. стор. 41-43, [4]. стор. 90-102.

Тема 14. Забезпечення надійності робочих лопаток при коливаннях. Використання бандажів та зв'язуючого дрота для боротьби з вібрацією. Демпфірування коливань [1]. стор. 43-45, [4]. стор. 103-116.

Тема 15. Визначення зусиль контакту для елементів кріплення робочої лопатки до ротора. Розрахунок кріплення робочої лопатки на зм'яття [1]. стор. 45-47, [4]. стор. 117-128.

Тема 16. Загальний метод розрахунку на міцність елементів кріплення робочої лопатки. Визначення зусиль на ободі диска турбомашини від робочих лопаток та елементів їхнього кріплення [1]. стор. 47-48, [4]. стор. 129-147.

Змістовий модуль 3. Конструювання та розрахунок на міцність окремих елементів турбінних агрегатів

Тема 17. Характеристики головних типів роторів турбоагрегатів (частина 1) [1]. стор. 49-51, [4]. стор. 148-155.

Тема 18. Характеристики головних типів роторів турбоагрегатів (частина 2) [1]. стор. 49-51, [4]. стор. 155-161.

Тема 19. Розрахунок барабанного ротора. Рівняння рівноваги навантаженого диска [1]. стор. 51-52, [4]. стор. 162-169.

Тема 20. Визначення запасу міцності за руйнівними обертами для першої та другої форм руйнації диска [1]. стор. 52-54, [4]. стор. 169-175.

Тема 21. Рівномісний диск. Поняття про нейтральний радіус диска. Коливання дисків [1]. стор. 54-56, [4]. стор. 175-179.

Тема 22. Поняття про критичне число обертання ротора. Визначення критичних обертів енергетичним методом. Вплив різних факторів на критичне число обертання вала [1]. стор. 56-58, [4]. стор. 179-182.

Тема 23. Визначення осевих зусиль, що діють на ротор турбомашини. Розвантажувальні порожнини. Ущільнення турбомашин [1]. стор. 58-60, [4]. стор. 182-185.

Тема 24. Опори турбомашин з підшипниками кочення. Основи їх перевірочних розрахунків на міцність [1]. стор. 60-61, [4]. стор. 185-187.

Тема 25. Опори турбомашин з підшипниками ковзання. Основи їх перевірочних розрахунків на міцність [1]. стор. 61-62, [4]. стор. 187-188.

Тема 26. Основні принципи конструювання корпусів турбомашин. Напруження в основних типах корпусів [1]. стор. 62-63, [4]. стор. 188-192.

Тема 27. Розрахунок фланцевих з'єднань. Запаси міцності корпусів турбомашин [1]. стор. 62-63, [4]. стор. 188-192.

Тема 28. Розрахунок різьбових з'єднань [3]. стор. 37-45.

Тема 29. Розрахунок шпоночних та шлицьових з'єднань [3]. стор. 46-52.

Тема 30. Поєднання деталей турбомашин з гарантованим натягом [3]. стор. 53-60.

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. Оцінення міцності деталей турбомашин										
Тема 1. Типи навантажень та деформацій. Статична та динамічна міцність	8	2	2	–	4	8	1	1	–	6
Тема 2. Міцнісні характеристики матеріалів, що використовуються у турбінобудуванні	7	2	2	–	3	7	1	–	–	6
Тема 3. Методи оцінення міцності деталей турбомашин	8	2	2	–	4	8	1	1	–	6
Тема 4. Особливості поведінки пластичних матеріалів при високій температурі	7	2	2	–	3	7	1	–	–	6
Тема 5. Міцність при змінних напруженнях. Концентрація напружень. Малоциклова та термічна міцність	8	2	2	–	4	8	–	1	–	7
Тема 6. Елементи теорії надійності	7	2	–	–	5	7	1	–	–	6
Разом за змістовим модулем 1	45	12	10	–	20	45	5	3	–	37
Змістовий модуль 2. Конструювання та розрахунок на міцність лопаточного апарату турбомашин										
Тема 7. Статична міцність робочих лопаток. Розтягнення профільної частини робочих лопаток відцентровими силами	8	2	2	–	4	8	1	1	–	6
Тема 8. Робоча лопатка постійного перерізу. Робоча лопатка змінного перерізу	7	2	–	–	5	7	1	–	–	6
Тема 9. Чисельний метод розрахунку робочих лопаток на розтягнення. Рівномісна лопатка	8	2	2	–	4	8	1	1	–	6
Тема 10. Згин робочих лопаток газодинамічними силами. Згин робочих лопаток відцентровими силами. Визначення запасу міцності профільної частини робочих лопаток	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 11. Вібрація робочих лопаток турбомашин. Головні поняття. Причини вібрації	8	2	–	–	6	8	1	–	–	7
Тема 12. Визначення власної частоти коливань робочих лопаток енергетичним методом. Вплив різних факторів на частоту коливань	7	2	2	–	3	7	–	1	–	6
Тема 13. Оцінка напружень в робочій лопатці при резонансі. Резонансні частоти обертання турбінного двигуна. Резонансна діаграма коливань	8	2	2	–	4	8	1	–	–	7
Тема 14. Забезпечення надійності робочих лопаток при коливаннях. Використання бандажів та зв'язуючого дрота для боротьби з вібрацією. Демпфірування коливань	7	2	2	–	3	7	–	1	–	6
Тема 15. Визначення зусиль контакту для елементів кріплення робочої лопатки до ротора. Розрахунок кріплення робочої лопатки на зм'яття	8	2	2	–	4	8	1	–	–	7
Тема 16. Загальний метод розрахунку на міцність елементів кріплення робочої лопатки. Визначення зусиль на ободі диска турбомашини від робочих лопаток та елементів їхнього кріплення	7	2	2	–	3	7	1	1	–	5
Разом за змістовим модулем 2	75	20	16	–	39	75	8	6	–	61
Змістовий модуль 3. Конструювання та розрахунок на міцність окремих елементів турбінних агрегатів										
Тема 17. Характеристики головних типів роторів турбоагрегатів (частина 1)	7	2	2	–	3	7	1	–	–	6
Тема 18. Характеристики головних типів роторів турбоагрегатів (частина 2)	6	2	2	–	2	6	–	1	–	5
Тема 19. Розрахунок барабанного ротора. Рівняння рівноваги навантаженого диска	7	2	2	–	3	7	1	1	–	5
Тема 20. Визначення запасу міцності за руйнівними обертами для першої та другої форм руйнації диска	6	2	2	–	2	6	1	1	–	4

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 21. Рівномісний диск. Поняття про нейтральний радіус диска. Коливання дисків	7	2	–	–	5	7	1	–	–	6
Тема 22. Поняття про критичне число обертання ротора. Визначення критичних обертів енергетичним методом. Вплив різних факторів на критичне число обертання вала	6	2	–	–	4	6	1	–	–	5
Тема 23. Визначення осевих зусиль, що діють на ротор турбомашини. Розвантажувальні порожнини. Ущільнення турбомашин	7	2	2	–	3	7	–	1	–	6
Тема 24. Опори турбомашин з підшипниками кочення. Основи їх перевірочних розрахунків на міцність	6	2	2	–	2	6	–	1	–	5
Тема 25. Опори турбомашин з підшипниками ковзання. Основи їх перевірочних розрахунків на міцність	7	2	2	–	3	7	1	–	–	6
Тема 26. Основні принципи конструювання корпусів турбомашин. Напруження в основних типах корпусів	6	2	2	–	2	6	–	1	–	5
Тема 27. Розрахунок фланцевих з'єднань. Запаси міцності корпусів турбомашин	7	2	3	–	2	7	1	1	–	5
Тема 28. Розрахунок різьбових з'єднань	6	2	–	–	4	6	1	–	–	5
Тема 29. Розрахунок шпоночних та шлицьових з'єднань	6	2	–	–	4	6	–	–	–	6
Тема 30. Поєднання деталей турбомашин з гарантованим натягом	6	2	–	–	4	6	1	–	–	5
Разом за змістовим модулем 3	90	28	19	–	43	90	9	7	–	74
Разом за курсом	210	60	45	–	105	210	22	16	–	172

Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		денна форма	заочна форма
1	Типи навантажень та деформацій. Статична та динамічна міцність	2	1
2	Міцнісні характеристики матеріалів, що використовуються у турбінобудуванні	2	–
3	Методи оцінення міцності деталей турбомашин	2	1
4	Особливості поведінки пластичних матеріалів при високій температурі	2	–
5	Міцність при змінних напруженнях. Концентрація напружень. Малоциклова та термічна міцність	2	1
6	Статична міцність робочих лопаток. Розтягнення профільної частини робочих лопаток відцентровими силами	2	1
7	Чисельний метод розрахунку робочих лопаток на розтягнення	2	1
8	Визначення запасу міцності профільної частини робочих лопаток	2	1
9	Визначення власної частоти коливань робочих лопаток енергетичним методом. Вплив різних факторів на частоту коливань	2	1
10	Оцінка напружень в робочій лопатці при резонансі. Резонансні частоти обертання турбінного двигуна. Резонансна діаграма коливань	2	–
11	Забезпечення надійності робочих лопаток при коливаннях. Використання бандажів та зв'язуючого дрота для боротьби з вібрацією. Демпфірування коливань	2	1
12	Визначення зусиль контакту для елементів кріплення робочої лопатки до ротора. Розрахунок кріплення робочої лопатки на зм'яття	2	–
13	Загальний метод розрахунку на міцність елементів кріплення робочої лопатки. Визначення зусиль на ободі диска турбомашини від робочих лопаток та елементів їхнього кріплення	2	1
14	Характеристики головних типів роторів турбоагрегатів (частина 1)	2	–
15	Характеристики головних типів роторів турбоагрегатів (частина 2)	2	1
16	Розрахунок барабанного ротора	2	1
17	Визначення запасу міцності за руйнівними обертами для першої та другої форм руйнації диска	2	1
18	Визначення осевих зусиль, що діють на ротор турбомашини. Розвантажувальні порожнини. Ущільнення турбомашин	2	1
19	Опори турбомашин з підшипниками кочення. Основи їх перевірочних розрахунків на міцність	2	1

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		денна форма	заочна форма
20	Опори турбомашин з підшипниками ковзання. Основи їх перевірочних розрахунків на міцність	2	–
21	Основні принципи конструювання корпусів турбомашин. Напруження в основних типах корпусів	2	1
22	Розрахунок фланцевих з'єднань. Запаси міцності корпусів турбомашин	3	1
РАЗОМ		45	16

Розподіл часу самостійної роботи

№ з/п	Вид роботи	Кількість годин	
		денна форма	заочна форма
1	Підготовка до практичних занять	25	32
2	Виконання розрахункових завдань	50	80
3	Підготовка реферату	–	30
4	Підготовка до екзамену	30	30
РАЗОМ		105	172

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 Google Meet.

Засобами оцінювання та методами демонстрування результатів навчання з дисципліни "Конструкції та міцність турбомашин" є:

- усні та письмові відповіді на практичних заняттях;
- виконання розрахункових завдань;
- підготовка реферату;
- 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 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 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.

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	22 x 1 бал = 22 бали	16 x 1 бал = 16 балів
Виконання розрахункових завдань	2 x 19 балів = 38 балів	2 x 16 балів = 32 бали
Підготовка реферату	–	1 x 12 балів = 12 балів
Екзамен	40 балів	40 балів
Всього	100	100

Відповідь на практичному занятті	Критерії оцінювання
1	Відповідь правильна, повна, логічна, містить аналіз, систематизацію, узагальнення, використані міжпредметні зв'язки, містить аргументовані висновки.
0	Студент не дає відповіді або відповідь містить значну кількість суттєвих помилок.
<i>Максимальна кількість балів за даною формою контролю становить 22 для денної форми навчання та 16 для заочної форми навчання (відповідно 22 та 16 занять по 1 балу).</i>	

Виконання розрахункового завдання (у дужках для заочної форми)	Критерії оцінювання
16-19 (13-16)	Завдання виконане у встановлений термін. Студент самостійно проаналізував задачу і раціонально розв'язав її. Може розв'язувати комбіновані задачі. Звіт відповідає встановленим вимогам.
11-15 (9-12)	Завдання виконане самостійно, але з порушенням встановлених термінів. Студент самостійно проаналізував задачу і раціонально розв'язав її. Може розв'язувати комбіновані задачі. Звіт відповідає встановленим вимогам.
6-10 (5-8)	Завдання виконане з порушенням встановлених термінів. Студент навів потрібні формули та розв'язав задачу користуючись алгоритмом. Підготовлений звіт містить неточності у висновках та помилки.

Виконання розрахункового завдання (у дужках для заочної форми)	Критерії оцінювання
1-5 (1-4)	Студент виконав завдання, але розрахунок містить деякі помилки. Підготовлений звіт містить неточності у висновках та помилки.
0	Студент не виконав завдання.
<i>Максимальна кількість балів за даною формою контролю становить 38 для денної форми навчання (2 завдання по 19 балів) та 32 для заочної форми навчання (2 завдання по 16 балів).</i>	

Підготовка реферату	Критерії оцінювання
11-12	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.
8-10	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.
6-7	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.
4-5	Студент виявляє знання і розуміння більшості положень, але лише за допомогою викладача може виправляти помилки, серед яких є значна кількість суттєвих.
0-3	Робота не носить дослідницького характеру, не має аналізу і не відповідає пред'являемим вимогам. У роботі немає висновків або вони носять декларативний характер.
<i>Максимальна кількість балів за даною формою контролю становить 12 для заочної форми навчання (1 реферат по 12 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.

Відповідь на питання екзамена	Критерії оцінювання
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	T1	Практичне заняття №1	1	Практичне заняття №1	1
	T2	Практичне заняття №2	1	—	—
	T3	Практичне заняття №3	1	Практичне заняття №2	1
	T4	Практичне заняття №4	1	—	—
	T5	Практичне заняття №5	1	Практичне заняття №3	1
	T1-T6	—	—	Підготовка реферату	12
ЗМ2	T7	Практичне заняття №6	1	Практичне заняття №4	1
	T9	Практичне заняття №7	1	Практичне заняття №5	1
	T10	Практичне заняття №8	1	Практичне заняття №6	1
	T12	Практичне заняття №9	1	Практичне заняття №7	1
	T13	Практичне заняття №10	1	—	—
	T14	Практичне заняття №11	1	Практичне заняття №8	1
	T15	Практичне заняття №12	1	—	—

		Денне відділення		Заочне відділення	
		Вид роботи	Бали	Вид роботи	Бали
	T16	Практичне заняття №13	1	Практичне заняття №9	1
	T7-T16	Розрахункове завдання №1	19	Розрахункове завдання №1	16
ЗМЗ	T17	Практичне заняття №14	1	—	—
	T18	Практичне заняття №15	1	Практичне заняття №10	1
	T19	Практичне заняття №16	1	Практичне заняття №11	1
	T20	Практичне заняття №17	1	Практичне заняття №12	1
	T23	Практичне заняття №18	1	Практичне заняття №13	1
	T24	Практичне заняття №19	1	Практичне заняття №14	1
	T25	Практичне заняття №20	1	—	—
	T26	Практичне заняття №21	1	Практичне заняття №15	1
	T27	Практичне заняття №22	1	Практичне заняття №16	1
	T17-T30	Розрахункове завдання №2	19	Розрахункове завдання №2	16
Підсумковий контроль		Екзамен	40	Екзамен	40
Сума			100		100

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

1. Мультимедійне обладнання.
2. Демонстраційні зразки деталей турбомашин.

10. Рекомендовані джерела інформації

Основна література

1. Патлайчук В.М. Конструкції та міцність турбомашин: методичні вказівки до проведення занять з дисципліни. Миколаїв: НУК, 2018. 75 с.

2. Патлайчук В.М. Проектування стаціонарних парових турбін: у 2 ч. Ч.1: Розрахунок одноциліндрових турбін. Миколаїв: НУК, 2020. 120 с.
3. Романовський Г.Ф., Іпатенко О.Я., Патлайчук В.М. Теорія та розрахунок парових і газових турбін : навч. посібник. Миколаїв: УДМТУ, 2002. 292 с.
4. Романовський Г. Ф., Сербін С. І., Патлайчук В. М. Газотурбінні агрегати: у 2-х ч. Ч. 2: Елементи конструкцій. Миколаїв: НУК, 2017. 196 с.

Допоміжна література

1. Збірник завдань та вправ з теорії і проектування турбінних агрегатів : навч. посібник / Г.Ф. Романовський, С.І. Сербін, М.В. Ващиленко, М.П. Седько, В.М. Патлайчук, В.І. Харченко. Миколаїв: НУК, 2012. 248 с.
2. Патлайчук В.М. Деталі проточних частин турбінних двигунів. Миколаїв: УДМТУ, 1999. 67 с.
3. Патлайчук В.М. Проектування стаціонарних парових турбін: у 2 ч. Ч.2: Розрахунок багатоциліндрових турбін. Миколаїв: НУК, 2020. 160 с.
4. Патлайчук В. М. Ротори турбінних двигунів. Миколаїв: УДМТУ, 2001. 57 с.
5. Романовський Г.Ф., Ващиленко М.В., Седько М.П. Основи проектування компресорів суднових газотурбінних двигунів: навч. посібник. Миколаїв: НУК, 2008. 282 с.
6. Романовський Г.Ф., Ващиленко М.В., Сербін С.І. Теоретичні основи проектування суднових газотурбінних агрегатів : навч. посібник. Миколаїв: УДМТУ, 2003. 304 с.
7. 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.
8. Романовський Г.Ф., Сербін С.І., Патлайчук В.М. Сучасні газотурбінні агрегати: у 2 т. Т. 1: Агрегати виробництва України та Росії. Миколаїв: НУК, 2005. 344 с.
9. Романовський Г.Ф., Сербін С.І., Патлайчук В.М. Сучасні газотурбінні агрегати: у 2 т. Т. 2: Агрегати виробництва країн Західної Європи, Америки та Азії. Миколаїв: НУК, 2008. 420 с.
10. Романовський Г.Ф., Султанський Ю.О., Харченко В.І. Будова, правила технічної експлуатації та обслуговування газотурбінних двигунів: навч. посібник. Миколаїв: НУК, 2011. 156 с.

11. 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.
12. 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. 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>.