

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

Слободян С.О.

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".

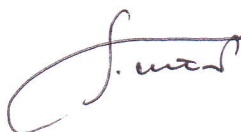
01 вересня 2021 року. – 21 с.

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

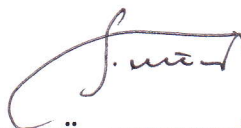


Патлайчук В.М.

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

Протокол № 9 від «19» 06 2021 р.

Завідувач кафедри



Патлайчук В.М.

Проект робочої програми навчальної дисципліни "Конструкції та міцність турбомашин" розглянуто Методичною комісією Машинобудівного навчально-наукового інституту.

Протокол № 11 від «24» 06 2021 р.

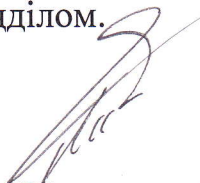
Голова



Сербін С.І.

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

Начальник відділу



Лабарткава А.В.

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

Протокол № 7 від «26» 08 2021 р.

Голова НМР НУК



Трушляков Є.І.

© НУК, 2021

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	Галузь знань: 14 "Електрична інженерія"	Обов'язкова	
Модулів – 1	Спеціальність: 142 "Енергетичне машинобудування" Освітня програма: "Газотурбінні установки і компресорні станції"	Рік підготовки:	
Змістових модулів – 4		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	24 год
		Практичні заняття	
		45 год	18 год
		Самостійна робота	
		105 год	168 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**:

- ІК-1. Здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі і практичні проблеми у галузі енергетичного машинобудування або у процесі навчання, що передбачає застосування теорій тепломасообміну, технічної термодинаміки, гідрогазодинаміки, трансформації (перетворення) енергії, технічної механіки та методів відповідних наук і характеризується комплексністю та невизначеністю умов.
- 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", "Теорія турбін", "Осьові та відцентрові компресори". З цих дисциплін використовуються базові знання про принцип дії 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**:

- ПРН4. 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.
- ПРН21. Аналізувати розвиток науки і техніки.
- ПРН23. Уміння проводити аналіз конструкції або конструктивної схеми газотурбінної установки у конкретних умовах її експлуатації.

5. Програма навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1. Принципи конструювання газотурбінних установок

Тема 1. Будова та принцип дії газотурбінного агрегату простого термодинамічного циклу. Головні системи, що обслуговують агрегат [1]. стор. 10-14, [5]. стор. 5-12.

Тема 2. Принципи конструювання компресорної частини газотурбінних агрегатів [1]. стор. 14-16, [2]. стор. 3-56, [5]. стор. 63-76.

Тема 3. Принципи конструювання камер згоряння газотурбінних агрегатів [1]. стор. 16-18, [4]. стор. 3-75, [5]. стор. 77-93.

Тема 4. Принципи конструювання турбінної частини газотурбінних агрегатів [1]. стор. 18-20, [3]. стор. 3-36, [5]. стор. 94-102.

Тема 5. Особливості конструкції, переваги та недоліки, галузі застосування різних типів газотурбінних установок. Їх класифікація (частина 1) [1]. стор. 20-23, [5]. стор. 103-143.

Тема 6. Особливості конструкції, переваги та недоліки, галузі застосування різних типів газотурбінних установок. Їх класифікація (частина 2) [1]. стор. 20-23, [5]. стор. 143-180.

Тема 7. Використання газових турбін у складі комбінованих енергетичних установок [5]. стор. 181-191.

Змістовий модуль 2. Оцінення міцності деталей турбомашин

Тема 8. Типи навантажень та деформацій. Статична та динамічна міцність. Міцнісні характеристики матеріалів, що використовуються у турбінобудуванні [1]. стор. 23-26, [6]. стор. 3-12.

Тема 9. Методи оцінення міцності деталей турбомашин [1]. стор. 26-27, [6]. стор. 13-18.

Тема 10. Особливості поведінки пластичних матеріалів при високій температурі [1]. стор. 27-29, [6]. стор. 19-24.

Змістовий модуль 3. Конструювання та розрахунок на міцність лопаточного апарату турбомашин

Тема 11. Статична міцність робочих лопаток. Розтягнення профільної частини робочих лопаток відцентровими силами [1]. стор. 29-31, [6]. стор. 28-36.

Тема 12. Робоча лопатка постійного перерізу. Робоча лопатка змінного перерізу [1]. стор. 31-33, [6]. стор. 37-45.

Тема 13. Чисельний метод розрахунку робочих лопаток на розтягнення. Рівномісна лопатка [1]. стор. 33-35, [6]. стор. 46-52.

Тема 14. Згин робочих лопаток газодинамічними силами. Згин робочих лопаток відцентровими силами. Визначення запасу міцності профільної частини робочих лопаток [1]. стор. 35-37, [6]. стор. 53-68.

Тема 15. Вібрація робочих лопаток турбомашин. Головні поняття. Причини вібрації [1]. стор. 37-39, [6]. стор. 69-76.

Тема 16. Визначення власної частоти коливань робочих лопаток енергетичним методом. Вплив різних факторів на частоту коливань [1]. стор. 39-41, [6]. стор. 77-89.

Тема 17. Оцінка напружень в робочій лопатці при резонансі. Резонансні частоти обертання турбінного двигуна. Резонансна діаграма коливань [1]. стор. 41-43, [6]. стор. 90-102.

Тема 18. Забезпечення надійності робочих лопаток при коливаннях. Використання бандажів та зв'язуючого дрота для боротьби з вібрацією. Демпфірування коливань [1]. стор. 43-45, [6]. стор. 103-116.

Тема 19. Визначення зусиль контакту для елементів кріплення робочої лопатки до ротора. Розрахунок кріплення робочої лопатки на зм'яття [1]. стор. 45-47, [6]. стор. 117-128.

Тема 20. 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, [6]. стор. 129-147.

Змістовий модуль 4. Конструювання та розрахунок на міцність окремих елементів турбінних агрегатів

Тема 21. Характеристики головних типів роторів турбоагрегатів (частина 1) [1]. стор. 49-51, [6]. стор. 148-155.

Тема 22. Характеристики головних типів роторів турбоагрегатів (частина 2) [1]. стор. 49-51, [6]. стор. 155-161.

Тема 23. Розрахунок барабанного ротора. Рівняння рівноваги навантаженого диска [1]. стор. 51-52, [6]. стор. 162-169.

Тема 24. Визначення запасу міцності за руйнівними обертами для першої та другої форм руйнації диска [1]. стор. 52-54, [6]. стор. 169-175.

Тема 25. Рівномісний диск. Поняття про нейтральний радіус диска. Коливання дисків [1]. стор. 54-56, [6]. стор. 175-179.

Тема 26. Поняття про критичне число обертання ротора. Визначення критичних обертів енергетичним методом. Вплив різних факторів на критичне число обертання вала [1]. стор. 56-58, [6]. стор. 179-182.

Тема 27. Визначення осьових зусиль, що діють на ротор турбомашини. Розвантажувальні порожнини. Ущільнення турбомашин [1]. стор. 58-60, [6]. стор. 182-185.

Тема 28. Опори турбомашин з підшипниками кочення. Основи їх перевірочних розрахунків на міцність [1]. стор. 60-61, [6]. стор. 185-187.

Тема 29. Опори турбомашин з підшипниками ковзання. Основи їх перевірочних розрахунків на міцність [1]. стор. 61-62, [6]. стор. 187-188.

Тема 30. Конструкція корпусів турбінних агрегатів. Основи їх перевірочних розрахунків на міцність [1]. стор. 62-63, [6]. стор. 188-192.

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. Принципи конструювання газотурбінних установок										
Тема 1. Будова та принцип дії газотурбінного агрегату простого термодинамічного циклу. Головні системи, що обслуговують агрегат	9	2	2	–	5	9	1	1	–	7
Тема 2. Принципи конструювання компресорної частини газотурбінних агрегатів	8	2	2	–	4	8	1	–	–	7
Тема 3. Принципи конструювання камер згоряння газотурбінних агрегатів	9	2	2	–	5	9	1	1	–	7
Тема 4. Принципи конструювання турбінної частини газотурбінних агрегатів	8	2	–	–	6	8	1	–	–	7
Тема 5. Особливості конструкції, переваги та недоліки, галузі застосування різних типів газотурбінних установок. Їх класифікація (частина 1)	9	2	2	–	5	9	1	1	–	7
Тема 6. Особливості конструкції, переваги та недоліки, галузі застосування різних типів газотурбінних установок. Їх класифікація (частина 2)	8	2	2	–	4	8	–	1	–	7

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 7. Використання газових турбін у складі комбінованих енергетичних установок	9	2	–	–	7	9	1	–	–	8
Разом за змістовим модулем 1	60	14	10	–	36	60	6	4	–	50
Змістовий модуль 2. Оцінення міцності деталей турбомашин										
Тема 8. Типи навантажень та деформацій. Статична та динамічна міцність. Міцнісні характеристики матеріалів, що використовуються у турбінобудуванні	10	2	2	–	6	10	1	1	–	8
Тема 9. Методи оцінення міцності деталей турбомашин	10	2	–	–	8	10	1	–	–	9
Тема 10. Особливості поведінки пластичних матеріалів при високій температурі	10	2	2	–	6	10	–	1	–	9
Разом за змістовим модулем 2	30	6	4	–	20	30	2	2	–	26
Змістовий модуль 3. Конструювання та розрахунок на міцність лопаточного апарату турбомашин										
Тема 11. Статична міцність робочих лопаток. Розтягнення профільної частини робочих лопаток відцентровими силами	6	2	2	–	2	6	1	1	–	4
Тема 12. Робоча лопатка постійного перерізу. Робоча лопатка змінного перерізу	6	2	–	–	4	6	1	–	–	5
Тема 13. Чисельний метод розрахунку робочих лопаток на розтягнення. Рівномісна лопатка	6	2	2	–	2	6	1	1	–	4
Тема 14. Згин робочих лопаток газодинамічними силами. Згин робочих лопаток відцентровими силами. Визначення запасу міцності профільної частини робочих лопаток	6	2	2	–	2	6	1	1	–	4
Тема 15. Віб्राція робочих лопаток турбомашин. Головні поняття. Причини вібрації	6	2	–	–	4	6	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 16. Визначення власної частоти коливань робочих лопаток енергетичним методом. Вплив різних факторів на частоту коливань	6	2	2	–	2	6	–	1	–	5
Тема 17. Оцінка напружень в робочій лопатці при резонансі. Резонансні частоти обертання турбінного двигуна. Резонансна діаграма коливань	6	2	2	–	2	6	1	1	–	4
Тема 18. Забезпечення надійності робочих лопаток при коливаннях. Використання бандажів та зв'язуючого дрота для боротьби з вібрацією. Демпфірування коливань	6	2	2	–	2	6	–	1	–	5
Тема 19. Визначення зусиль контакту для елементів кріплення робочої лопатки до ротора. Розрахунок кріплення робочої лопатки на зм'яття	6	2	2	–	2	6	1	–	–	5
Тема 20. Загальний метод розрахунку на міцність елементів кріплення робочої лопатки. Визначення зусиль на ободі диска турбомашини від робочих лопаток та елементів їхнього кріплення	6	2	2	–	2	6	1	1	–	4
Разом за змістовим модулем 3	60	20	16	–	24	60	8	7	–	45
Змістовий модуль 4. Конструювання та розрахунок на міцність окремих елементів турбінних агрегатів										
Тема 21. Характеристики головних типів роторів турбоагрегатів (частина 1)	6	2	2	–	2	6	1	–	–	5
Тема 22. Характеристики головних типів роторів турбоагрегатів (частина 2)	6	2	–	–	4	6	1	–	–	5
Тема 23. Розрахунок барабанного ротора. Рівняння рівноваги навантаженого диска	6	2	2	–	2	6	–	1	–	5
Тема 24. Визначення запасу міцності за руйнівними обертами для першої та другої форм руйнації диска	6	2	2	–	2	6	1	1	–	4
Тема 25. Рівномісний диск. Поняття про нейтральний радіус диска. Коливання дисків	6	2	–	–	4	6	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 26. Поняття про критичне число обертання ротора. Визначення критичних обертів енергетичним методом. Вплив різних факторів на критичне число обертання вала	6	2	2	–	2	6	1	1	–	4
Тема 27. Визначення осьових зусиль, що діють на ротор турбомашини. Розвантажувальні порожнини. Ущільнення турбомашин	6	2	2	–	2	6	1	–	–	5
Тема 28. Опори турбомашин з підшипниками кочення. Основи їх перевірочних розрахунків на міцність	6	2	2	–	2	6	–	1	–	5
Тема 29. Опори турбомашин з підшипниками ковзання. Основи їх перевірочних розрахунків на міцність	6	2	–	–	4	6	1	–	–	5
Тема 30. Конструкція корпусів турбінних агрегатів. Основи їх перевірочних розрахунків на міцність	6	2	3	–	1	6	1	1	–	4
Разом за змістовим модулем 4	60	20	15	–	25	60	8	5	–	47
Разом за курсом	210	60	45	–	105	210	24	18	–	168

Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		денна форма	заочна форма
1	Будова та принцип дії газотурбінного агрегату простого термодинамічного циклу. Головні системи, що обслуговують агрегат	2	1
2	Принципи конструювання компресорної частини газотурбінних агрегатів	2	–
3	Принципи конструювання камер згоряння газотурбінних агрегатів	2	1
4	Особливості конструкції, переваги та недоліки, галузі застосування різних типів газотурбінних установок. Їх класифікація (частина 1)	2	1
5	Особливості конструкції, переваги та недоліки, галузі застосування різних типів газотурбінних установок. Їх класифікація (частина 2)	2	1

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		денна форма	заочна форма
6	Міцнісні характеристики матеріалів, що використовуються у турбінобудуванні	2	1
7	Особливості поведінки пластичних матеріалів при високій температурі	2	1
8	Статична міцність робочих лопаток. Розтягнення профільної частини робочих лопаток відцентровими силами	2	1
9	Чисельний метод розрахунку робочих лопаток на розтягнення	2	1
10	Визначення запасу міцності профільної частини робочих лопаток	2	1
11	Визначення власної частоти коливань робочих лопаток енергетичним методом	2	1
12	Оцінка напружень в робочій лопатці при резонансі. Резонансні частоти обертання турбінного двигуна. Резонансна діаграма коливань	2	1
13	Забезпечення надійності робочих лопаток при коливаннях. Використання бандажів та зв'язуючого дрота для боротьби з вібрацією. Демпфірування коливань	2	1
14	Визначення зусиль контакту для елементів кріплення робочої лопатки до ротора. Розрахунок кріплення робочої лопатки на зм'яття	2	–
15	Загальний метод розрахунку на міцність елементів кріплення робочої лопатки. Визначення зусиль на ободі диска турбомашини від робочих лопаток та елементів їхнього кріплення	2	1
16	Характеристики головних типів роторів турбоагрегатів	2	–
17	Розрахунок барабанного ротора	2	1
18	Визначення запасу міцності за руйнівними обертами для першої та другої форм руйнації диска	2	1
19	Визначення критичних обертів ротора енергетичним методом	2	1
20	Визначення осьових зусиль, що діють на ротор турбомашини. Розвантажувальні порожнини. Ущільнення турбомашин	2	–
21	Опори турбомашин з підшипниками кочення. Основи їх перевірочних розрахунків на міцність	2	1
22	Конструкція корпусів турбінних агрегатів. Основи їх перевірочних розрахунків на міцність	3	1
РАЗОМ		45	18

Розподіл часу самостійної роботи

№ з/п	Вид роботи	Кількість годин	
		денна форма	заочна форма
1	Підготовка до практичних занять	22	36
2	Виконання розрахункових завдань	53	72
3	Підготовка реферату	–	30
4	Підготовка до екзамену	30	30
РАЗОМ		105	168

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.

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	18 x 1 бал = 18 балів
Виконання розрахункових завдань	2 x 19 балів = 38 балів	2 x 16 балів = 32 бали
Підготовка реферату	–	1 x 10 балів = 10 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 18 для заочної форми навчання (відповідно 22 та 18 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.
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
9-10	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.
7-8	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.
5-6	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.
3-4	Студент виявляє знання і розуміння більшості положень, але лише за допомогою викладача може виправляти помилки, серед яких є значна кількість суттєвих.
0-2	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 10 для заочної форми навчання (1 реферат по 10 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>	

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
	T5	Практичне заняття №4	1	Практичне заняття №3	1
	T6	Практичне заняття №5	1	Практичне заняття №4	1
	T1-T7	—	—	Підготовка реферату	10
ЗМ2	T8	Практичне заняття №6	1	Практичне заняття №5	1
	T10	Практичне заняття №7	1	Практичне заняття №6	1
ЗМ3	T11	Практичне заняття №8	1	Практичне заняття №7	1
	T13	Практичне заняття №9	1	Практичне заняття №8	1
	T14	Практичне заняття №10	1	Практичне заняття №9	1
	T16	Практичне заняття №11	1	Практичне заняття №10	1
	T17	Практичне заняття №12	1	Практичне заняття №11	1
	T18	Практичне заняття №13	1	Практичне заняття №12	1
	T19	Практичне заняття №14	1	—	—
	T20	Практичне заняття №15	1	Практичне заняття №13	1
	T11-T20	Розрахункове завдання №1	19	Розрахункове завдання №1	16
ЗМ4	T21	Практичне заняття №16	1	—	—
	T23	Практичне заняття №17	1	Практичне заняття №14	1
	T24	Практичне заняття №18	1	Практичне заняття №15	1
	T26	Практичне заняття №19	1	Практичне заняття №16	1
	T27	Практичне заняття №20	1	—	—
	T28	Практичне заняття №21	1	Практичне заняття №17	1
	T30	Практичне заняття №22	1	Практичне заняття №18	1

		Денне відділення		Заочне відділення	
		Вид роботи	Бали	Вид роботи	Бали
	T21-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. Романовський Г.Ф., Ващиленко М.В., Седько М.П. Основи проектування компресорів суднових газотурбінних двигунів: навч. посібник. Миколаїв: НУК, 2008. 282 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. Камери згоряння суднових газотурбінних двигунів : навч. посібник. Миколаїв: УДМТУ, 2000. 259 с.
5. 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.
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.

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. Сєдько, В.М. Патлайчук, В.І. Харченко. Миколаїв: НУК, 2012. 248 с.
2. Левєнберг В.Д., Патлайчук В.М. Конструктивна будова головних газотурбінних агрегатів. Миколаїв: УДМТУ, 1998. 68 с.
3. Патлайчук В.М. Деталі проточних частин турбінних двигунів. Миколаїв: УДМТУ, 1999. 67 с.
4. Патлайчук В.М. Проектування стаціонарних парових турбін: у 2 ч. Ч.1: Розрахунок одноциліндрових турбін. Миколаїв: НУК, 2020. 120 с.
5. Патлайчук В.М. Проектування стаціонарних парових турбін: у 2 ч. Ч.2: Розрахунок багатопциліндрових турбін. Миколаїв: НУК, 2020. 160 с.
6. Патлайчук В. М. Ротори турбінних двигунів. Миколаїв: УДМТУ, 2001. 57 с.
7. Романовський Г.Ф., Ващилєнко М.В., Сербін С.І. Теоретичні основи проектування суднових газотурбінних агрегатів : навч. посібник. Миколаїв: УДМТУ, 2003. 304 с.
8. Романовський Г.Ф., Сербін С.І. Екологічно чисті камери згоряння ГТУ: навч. посібник. Миколаїв: УДМТУ, 2002. 88 с.
9. 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.
10. 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.
11. Романовський Г.Ф., Султанський Ю.О., Харченко В.І. Будова, правила технічної експлуатації та обслуговування газотурбінних двигунів: навч. посібник. Миколаїв: НУК, 2011. 156 с.
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>.