

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

Код РПНД Т83615



РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
Program of the Discipline

Системи автоматизованого проектування газотурбінних агрегатів
AUTOMATED DESIGN SYSTEMS FOR GAS TURBINE UNITS

рівень вищої освіти: другий (магістерський)

тип дисципліни: обов'язкова

мова(и) викладання: українська

Миколаїв – 2020

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

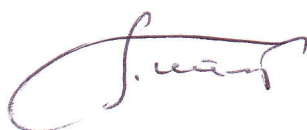
01 вересня 2020 року. – 23 с.

Розробник:

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

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

Гарант освітньої програми
канд. техн. наук, доцент

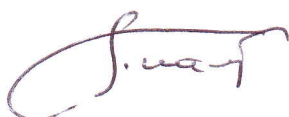


Патлайчук В.М.

Проект робочої програми навчальної дисципліни "Системи автоматизованого проектування газотурбінних агрегатів" розглянуто на засіданні кафедри турбін.

Протокол № 9 від «26» 05 2020р.

Завідувач кафедри

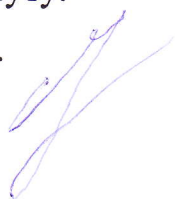


Патлайчук В.М.

Проект робочої програми навчальної дисципліни "Системи автоматизованого проектування газотурбінних агрегатів" розглянуто Методичною комісією Машинобудівного навчально-наукового інституту.

Протокол № 10 від «28» 05 2020р.

Голова



Сербін С.І.

Проект робочої програми навчальної дисципліни "Системи автоматизованого проектування газотурбінних агрегатів" погоджено з навчальним відділом.

Начальник відділу



Лабарткава А.В.

Робоча програма навчальної дисципліни "Системи автоматизованого проектування газотурбінних агрегатів" затверджена Навчально-методичною радою НУК.

Протокол № 6 від «27» 08 2020р.

Голова НМР НУК



Трушляков Є.І.

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	19
9. Засоби навчання	21
10. Рекомендовані джерела інформації	21

ВСТУП

Анотація

Дисципліна спрямована на засвоєнні базових знань і вивчення теоретичних основ автоматизованого проектування турбінних агрегатів, а також отримання практичних навичок в розробці сучасних конструкцій турбінних установок різного призначення.

Дисципліна повинна надати студентам глибинні професійні знання щодо теоретичних засад, які лежать в основі сучасних та перспективних системах автоматизованого проектування турбоагрегатів, програмного забезпечення систем автоматизованого проектування, інформаційної підтримки життєвого циклу газотурбінних агрегатів різного призначення.

Внаслідок вивчення дисципліни студент ознайомиться з основами проектування та виробництва перспективних схем та конструкцій газотурбінних агрегатів із використанням сучасних інформаційних технологій, з послідовністю розробки та проектування деталей ГТА та дослідженням гідродинамічних та газодинамічних параметрів спроектованих вузлів на базі систем інженерного аналізу.

Ключові слова: числові методи, математичне моделювання, обчислювальна гідродинаміка, інженерний аналіз.

Abstract

The discipline is aimed at obtaining basic knowledge and studying the theoretical foundations of turbine units automated design, as well as gaining practical skills in the development of modern designs of turbine plants for various purposes.

The course should provide students with in-depth professional knowledge of the theoretical foundations, which are the basis of modern and promising systems of automated design of turbine units, software of computer-aided design systems, information support of the life cycle of gas turbine units for various purposes.

As a result of studying the discipline, the student will get acquainted with the basics of design and production of advanced schemes and designs of gas turbine units using modern information technology, with the sequence of development and design of GTE parts and study of hydrodynamic and gas-dynamic parameters of designed units based on engineering analysis systems.

Keywords: numerical methods, mathematical modeling, computational fluid dynamics, engineering analysis.

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність (освітня програма), освітній рівень	Характеристика навчальної дисципліни			
		Денна форма навчання		Заочна форма навчання	
Кількість кредитів – 9	Галузь знань: 14 "Електрична інженерія"	Обов'язкова			
Модулів – 3	Спеціальність: 142 "Енергетичне машинобудування" Освітня програма: "Газотурбінні установки і компресорні станції"	Рік підготовки:			
Змістових модулів – 4		1-й		1-й	
Індивідуальне науково-дослідне завдання: <i>курсова робота</i>					
Загальна кількість годин – 270		Семестри:			
		1-й	2-й	1-й	2-й
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 2 та 3; самостійної роботи студента – 4 та 9.	Освітній рівень: другий (магістерський)	Лекції			
		15 год	15 год	8 год	10 год
		Лабораторні заняття			
		15 год	30 год	8 год	14 год
		Самостійна робота			
		60 год	135 год	74 год	156 год
		Індивідуальні завдання			
		–	КР	–	КР
		Вид контролю: залік (1-й семестр), екзамен та курсова робота (2-й семестр)			
		Форма контролю: комбінована			

2. Мета вивчення навчальної дисципліни

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

- ЗК11. Здатність розробляти та управляти проектами.
- ФК8. Здатність розробляти методики розрахунків і проведення досліджень при проектуванні та експлуатації об'єктів і систем у галузі енергетичного машинобудування з використанням сучасних CAD/CAM/CAE (інформаційних) систем.
- ФК12. Здатність розробляти фізичні й математичні моделі процесів в енергетичному і технологічному обладнанні з аналізом результатів і

розробкою методик розрахунку обладнання (шляхом порівняння з результатами експериментальних досліджень).

3. Передумови для вивчення дисципліни

Передумови для вивчення дисципліни відсутні.

4. Очікувані результати навчання

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

- ПРН2. Знання і розуміння інженерних наук, що лежать в основі спеціальності «Енергетичне машинобудування», на рівні, необхідному для досягнення інших результатів освітньої програми, в тому числі обізнаність в останніх досягненнях науки і техніки в галузі.
- ПРН4. Вміння аналізувати і використовувати у професійній діяльності інженерні технології, процеси, системи і обладнання відповідно до спеціальності Енергетичне машинобудування; обирати і застосовувати аналітичні, розрахункові та експериментальні методи; інтерпретувати і впроваджувати результати таких досліджень.
- ПРН10. Застосування сучасного інструментарію (створення, вибір і застосування відповідних технологій, ресурсів і інженерних методик, включаючи прогнозування й моделювання) для проведення комплексної інженерної діяльності за спеціальністю.

5. Програма навчальної дисципліни

Модуль 1 (перший семестр)

Змістовий модуль 1. Метод кінцевих елементів у системах САЕ.

Тема 1. Огляд систем САЕ. Можливості моделювання для процесів в газотурбінних двигунах. Поняття мастер-моделі та мастер-процесу [1]. стор. 60-88, [2]. стор. 200-221.

Тема 2. Модулі та можливості програмного комплексу Ansys [1]. стор. 50-54.

Тема 3. Метод кінцевих елементів. Основні поняття. Поняття кінцевого елемента. Алгоритми та методи побудови кінцево-елементних розрахункових сіток засобами програмного комплексу Ansys [2]. стор. 22-26, [3].

Тема 4. Побудова програми МКЕ. Облік нелінійності в процедурах МКЕ. Методи оптимізації в інженерному аналізі [2]. стор. 26-28.

Змістовий модуль 2. Методи проектування ГТД та його частин за допомогою методу кінцевих елементів.

Тема 5. Перспективи розвитку конструкцій та методів проектування ГТД [2]. стор. 288-299

Тема 6. Методика розрахунку лопаток на міцність в тривимірній постановці [2]. стор. 79-84.

Тема 7. Методологія числового моделювання аеродинамічних течій в турбінах та компресорах [2]. стор. 191-207.

Тема 8. Методологія розрахунків теплового стану основних елементів турбін за допомогою числових методів [2]. стор. 213-225.

Модуль 2 (другий семестр)

Змістовий модуль 3. Теорія та приклади застосування МКЕ для вирішення задач міцності та теплопровідності

Тема 9. Рівняння жорсткості кінцевого елемента [1]. стор. 14-16.

Тема 10. Рівняння МКЕ. Граничні та початкові умови [1]. стор. 16-20.

Тема 11. Вирішення рівнянь МКЕ. Аналіз результатів рішення [1]. стор. 20-24.

Тема 12. Застосування методу МКЕ для розрахунку фермової конструкції [1]. стор. 24-32.

Змістовий модуль 4. Теорія застосування МКЕ для вирішення задач гідрогазодинаміки

Тема 13. Рівняння руху рідини. Рівняння Нав'є-Стокса [3]. розд. 1.2, 5.2.1.

Тема 14. Огляд моделей турбулентностей для течій рідини [3] розд. 4.

Тема 15. Граничні умови для задач числової гідродинаміки [3] розд. 4.13.

Тема 16. Моделювання потоків у лопаточних машинах з системою координат, що обертається [3] розд. 2.

Модуль 3 (курсова робота)

Індивідуальне науково-дослідне завдання.

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 (перший семестр)										
Змістовий модуль 1. Метод кінцевих елементів у системах САЕ.										
Тема 1. Огляд систем САЕ. Можливості моделювання для процесів в газотурбінних двигунах. Поняття мастер-моделі та мастер-процесу.	12	2	–	2	8	12	1	–	1	10
Тема 2. Модулі та можливості програмного комплексу Ansys.	11	2	–	2	7	11	1	–	1	9
Тема 3. Метод кінцевих елементів. Основні поняття. Поняття кінцевого елементу. Алгоритми та методи побудови кінцево-елементних розрахункових сіток засобами програмного комплексу Ansys.	11	2	–	2	7	11	1	–	1	9
Тема 4. Побудова програми МКЕ. Облік нелінійності в процедурах МКЕ. Методи оптимізації в інженерному аналізі.	11	2	–	2	7	11	1	–	1	9
Разом за змістовим модулем 1	45	8	–	8	29	45	4	–	4	37

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 2. Методи проектування ГТД та його частин за допомогою методу кінцевих елементів.										
Тема 5. Перспективи розвитку конструкцій та методів проектування ГТД.	12	2	–	2	8	12	1	–	1	10
Тема 6. Методика розрахунку лопаток на міцність в тривимірній постановці.	11	2	–	2	7	11	1	–	1	9
Тема 7. Методологія числового моделювання аеродинамічних течій в турбінах та компресорах.	11	2	–	2	7	11	1	–	1	9
Тема 8. Методологія розрахунків теплового стану основних елементів турбін за допомогою числових методів.	11	1	–	1	9	11	1	–	1	9
Разом за змістовим модулем 2	45	7	–	7	31	45	4	–	4	37
Усього годин за модулем 1	90	15	–	15	60	90	8	–	8	74
Модуль 2 (другий семестр)										
Змістовий модуль 3. Теорія та приклади застосування МКЕ для вирішення задач міцності та теплопровідності										
Тема 9. Рівняння жорсткості кінцевого елемента.	12	2	–	4	6	12	2	–	2	8
Тема 10. Рівняння МКЕ. Граничні та початкові умови.	11	2	–	4	5	11	1	–	2	8
Тема 11. Вирішення рівнянь МКЕ. Аналіз результатів рішення.	11	2	–	4	5	11	1	–	2	8
Тема 12. Застосування методу МКЕ для розрахунку фермової конструкції.	11	2	–	4	5	11	1	–	1	9
Разом за змістовим модулем 3	45	8	–	16	21	45	5	–	7	33
Змістовий модуль 4. Теорія застосування МКЕ для вирішення задач гідрогазодинаміки										
Тема 13. Рівняння руху рідини. Рівняння Нав'є-Стокса.	12	2	–	4	6	12	2	–	2	8
Тема 14. Огляд моделей турбулентностей для течій рідини.	11	2	–	4	5	11	1	–	2	8
Тема 15. Граничні умови для задач числової гідрогазодинаміки.	11	2	–	4	5	11	1	–	2	8

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин									
	денна форма					заочна форма				
	усього	у тому числі				усього	у тому числі			
		л	пр.	лаб	с.р.		л	пр.	лаб	с.р.
Тема 16. Моделювання потоків у лопаточних машинах з системою координат, що обертається.	11	1	–	2	8	11	1	–	1	9
Разом за змістовим модулем 4	45	7	–	14	24	45	5	–	7	33
Усього годин за модулем 2	90	15	–	30	45	90	10	–	14	66
Модуль 3 (курсова робота)										
Інформаційний пошук	6	–	–	–	6	6	–	–	–	6
Опис програмного комплексу Ansys Workbench Academic його структури, можливостей та галузей застосування.	8	–	–	–	8	8	–	–	–	8
Побудова тривимірної моделі лопатки або іншої деталі ГТД, згідно свого креслення, використовуючи інструментарій CAD програм.	12	–	–	–	12	12	–	–	–	12
Модалний аналіз деталі ГТД.	16	–	–	–	16	16	–	–	–	16
Виконання гідродинамічного аналізу, визначивши осьову та радіальну силу, що діють на лопатку.	10	–	–	–	10	10	–	–	–	10
Виконання статичного аналізу міцності лопатки, враховуючи навантаження від відцентрових сил та гідродинамічних сил діючих на перо лопатки.	9	–	–	–	9	9	–	–	–	9
Виконання теплового аналізу лопатки, визначивши поле температур лопатки.	10	–	–	–	10	10	–	–	–	10
Опис процедури проведених розрахунків та аналіз результатів.	7	–	–	–	7	7	–	–	–	7
Оформлення розрахунково-пояснювальної записки.	6	–	–	–	6	6	–	–	–	6
Захист роботи.	6	–	–	–	6	6	–	–	–	6
Усього годин за модулем 3	90	–	–	–	90	90	–	–	–	90
Разом за курсом	270	30	–	45	195	270	18	–	22	230

Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		денна форма	заочна форма
1	Графічний інтерфейс Ansys Workbench. Робота з проектом в Ansys Workbench	2	1
2	Графічний інтерфейс модуля Design Modeler	2	1
3	Управління матеріалами та їх властивостями	2	1
4	Генерація кінцево-елементної сітки в Ansys Workbench	2	1
5	Побудова кінцево-елементної тетраедричної моделі з призматичним шаром теплообмінника	2	1
6	Побудова кінцево-елементної моделі з тетраедричних елементів камери згоряння	2	1
7	Побудова кінцево-елементної моделі лопатки та лопаточного каналу з тетраедричних елементів	2	1
8	Завдання граничних умов та експорт кінцево-елементних сіток	1	1
	Усього годин за модулем 1	15	8
9	Статичний конструкційний аналіз. Послідовність вирішення статичної задачі (частина 1)	2	1
10	Статичний конструкційний аналіз. Послідовність вирішення статичної задачі (частина 2)	2	–
11	Стаціонарний тепловий аналіз	2	1
12	Лінійний конструкційний аналіз	2	1
13	Модальний аналіз кришки мотора або лопатки	2	1
14	Статичний конструкційний аналіз лопатки навантаженої відцентровою силою	2	1
15	Статичний конструкційний аналіз лопатки навантаженої відцентровою та гідродинамічними силами	2	1
16	Модальний аналіз навантаженої лопатки	2	1
17	Тепловий аналіз лопатки з диском	2	1
18	Тепловий нестационарний аналіз охолоджуваної лопатки	2	1
19	Генерація розрахункової моделі ступені лопаточної машини за допомогою Ansys CFX	2	1
20	Аналіз результатів отриманих при розрахунку ступеня за допомогою Ansys CFX	2	1
21	Вплив обраної моделі турбулентності на результати числового експерименту	2	1

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		денна форма	заочна форма
22	Оптимізація геометрії ступені на базі результатів отриманих за допомогою числового моделювання	2	1
23	Гідродинамічний аналіз циклонного сепаратора	2	1
	Усього годин за модулем 2	30	14
	Разом за курсом	45	22

Самостійна робота

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

- підготовка до лекційних занять – 1 година на 1 лекцію;
- підготовка до лабораторних занять – 1-3 год/1 роботу;
- підготовка до контрольних заходів – (15-30) год. на 1 захід.

Розподіл часу самостійної роботи

№ з/п	Вид роботи	Кількість годин	
		денна форма	заочна форма
Модуль 1 (перший семестр)			
1	Підготовка до лабораторних робіт	16	16
2	Підготовка до модульної контрольної роботи	14	28
3	Підготовка до заліку	30	30
	Усього годин за модулем 1	60	74
Модуль 2 (другий семестр)			
1	Підготовка до лабораторних робіт	15	36
2	Підготовка до екзамену	30	30
	Усього годин за модулем 2	45	66
Модуль 3 (курсова робота)			
1	Виконання курсової роботи	90	90
	Усього годин за модулем 3	90	90
Разом за курсом		195	230

Індивідуальне науково-дослідне завдання (курсова робота)

В індивідуальному науково-дослідному завданні (курсній роботі) виконується побудова тривимірної моделі деталі газотурбінного двигуна (лопатки осової турбіни або осового компресора) та дослідження її міцностного та теплового стану під певні вихідні параметри та умови експлуатації.

В процесі виконання роботи студент: будує тривимірні геометричні моделі елементів, з яких складається деталь; виконує моделювання поведінки деталі в робочих умовах газотурбінного двигуна за допомогою одного з модулів аналізу програмного комплексу Ansys Workbench Academic; оформлює пояснювальну записку за вимогами ЄСКД, де детально описує процес проведення розрахунків та аналізує отримані результати.

Основні етапи курсового проектування:

- інформаційний пошук;
- опис програмного комплексу Ansys Workbench Academic, його структури, можливостей та галузей застосування;
- побудова тривимірної моделі лопатки або іншої деталі ГТД, згідно свого креслення, використовуючи інструментарій CAD програм;
- модальний аналіз деталі ГТД;
- виконання гідродинамічного аналізу, визначивши осову та радіальну силу, що діють на лопатку;
- виконання статичного аналізу міцності лопатки, враховуючи навантаження від відцентрових сил та гідродинамічних сил, діючих на перо лопатки;
- виконання теплового аналізу лопатки, визначивши поле температур лопатки;
- опис процедури проведених розрахунків та аналіз результатів;
- оформлення розрахунково-пояснювальної записки;
- захист роботи.

На виконання курсової роботи відводиться 3 кредити (90 годин самостійної роботи у 2-му навчальному семестрі).

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

Набуття здобувачами компетенцій забезпечується через засвоєння навчального матеріалу у вигляді лекційних і 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 та лабораторних заняттях словесними й наочними засобами.

2. Проблемний метод, коли на лабораторних заняттях утворюються 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.

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

Під час карантину заняття повністю проводяться дистанційно в режимі відеоконференцій за допомогою онлайн-платформи Zoom.

Засобами оцінювання та методами демонстрування результатів навчання з дисципліни "Системи автоматизованого проектування газотурбінних агрегатів" є:

- виконання лабораторних робіт;
- виконання модульних контрольних робіт;
- виконання курсової роботи;
- залік (перший семестр);
- екзамен (другий семестр).

7. Форми поточного та підсумкового контролю

Досягнення студента оцінюються за 100-бальною системою Університету.

Підсумкова семестрова оцінка включає в себе оцінки з поточного контролю і оцінки заключного заліку (у першому семестрі) або екзамену (у другому семестрі). 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 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 лабораторних заняттях.

Питома вага заключного екзамену (заліку) в загальній системі оцінок – **40 балів**. Право здавати заключний екзамен (залік) надається студенту, якій з урахуванням отриманих балів проміжних оцінок і заключного екзамену (заліку) може набрати разом не менше **60 балів**. Підсумкова семестрова оцінка є сумою проміжних оцінок і оцінки екзамену (заліку).

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

Виконання індивідуального науково-дослідного завдання (курсової роботи) 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 (перший семестр)		
Виконання лабораторних робіт	8 x 4 бали = 32 бали	8 x 4 бали = 32 бали
Виконання модульних контрольних робіт	2 x 14 балів = 28 балів	2 x 14 балів = 28 балів
Залік	40 балів	40 балів
Всього	100	100
Модуль 2 (другий семестр)		
Виконання лабораторних робіт	15 x 4 бали = 60 балів	15 x 4 бали = 60 балів
Екзамен	40 балів	40 балів
Всього	100	100
Модуль 3 (курсова робота)		
Пояснювальна записка	40 балів	40 балів
Ілюстративна частина	20 балів	20 балів
Захист роботи	40 балів	40 балів
Всього	100	100

Виконання лабораторної роботи	Критерії оцінювання
4	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.
3	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.
2	Робота виконана з порушенням встановлених термінів. Студент виконує лабораторну згідно з інструкцією; складений звіт містить неточності у висновках та помилки.
1	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 у першому семестрі становить 32 (8 занять по 4 бали); у другому семестрі – 60 (15 занять по 4 бали)</i>

Відповідь на питання екзамену (заліку)	Критерії оцінювання
9-10	Відповідь логічно побудована, студент чітко та стисло викладає матеріал, показує глибокі знання з питання білету, під час доповіді впевнено і докладно відповідає на поставлені запитання.
7-8	Студент спроможний чітко та стисло зробити доповідь, дає правильну відповідь на запитання білету, але не завжди упевнений в аргументації, чи не завжди коректно її формулює.
5-6	Студент спроможний чітко та стисло відповісти на питання білету, належно обґрунтовує матеріал, але допускає суттєві неточності у відповідях на запитання.
3-4	Студент невпорядковано дає відповіді на питання білету, намагається дати відповідь на поставлені запитання і робить спроби аргументувати свою позицію, але надає неповні, поверхові, необґрунтовані відповіді на поставлені питання.
1-2	Студент невпорядковано дає відповідь на питання білету, не спроможний аргументувати свою позицію, не може впевнено й чітко відповісти на додаткові запитання членів комісії.
0	Студент не дає відповіді на питання білету.
<i>Максимальна кількість балів за даною формою контролю становить 40 (4 питання по 10 балів)</i>	

Оцінювання виконання курсової роботи

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 проекту.

Параметри оцінювання	Кількість балів	Критерії оцінювання за бальною шкалою
	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 проекту.
	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 проекту.
	16-20	Робота, оформлена за вимогами, які пред'являються до курсових проектів, 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 проектів. У роботі немає висновків або вони носять декларативний характер.
Ілюстративна 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.
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.

Параметри оцінювання	Кількість балів	Критерії оцінювання за бальною шкалою
	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.

**Оцінювання виконання кожної модульної контрольної роботи
(у формі тестів)**

Правильних відповідей, %	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0
Бали	14	13	11	10	8	7	6	4	3	1	0

8. Критерії оцінювання результатів навчання

		Денне відділення		Заочне відділення	
		Вид роботи	Бали	Вид роботи	Бали
Модуль 1 (перший семестр)					
ЗМ1	T1	Лабораторна робота №1	4	Лабораторна робота №1	4
	T2	Лабораторна робота №2	4	Лабораторна робота №2	4
	T3	Лабораторна робота №3	4	Лабораторна робота №3	4
	T4	Лабораторна робота №4	4	Лабораторна робота №4	4
	T1-T4	Виконання модульної контрольної роботи	14	Виконання модульної контрольної роботи	14

		Денне відділення		Заочне відділення	
		Вид роботи	Бали	Вид роботи	Бали
ЗМ2	T5	Лабораторна робота №5	4	Лабораторна робота №5	4
	T6	Лабораторна робота №6	4	Лабораторна робота №6	4
	T7	Лабораторна робота №7	4	Лабораторна робота №7	4
	T8	Лабораторна робота №8	4	Лабораторна робота №8	4
	T5-T8	Виконання модульної контрольної роботи	14	Виконання модульної контрольної роботи	14
Підсумковий контроль		Залік	40	Залік	40
Сума			100		100
Модуль 2 (другий семестр)					
ЗМ3	T9	Лабораторна робота №9	4	Лабораторна робота №9	4
	T10	Лабораторна робота №10	4	Лабораторна робота №10	4
	T11	Лабораторна робота №11	4	Лабораторна робота №11	4
	T12	Лабораторна робота №12	4	Лабораторна робота №12	4
	T13	Лабораторна робота №13	4	Лабораторна робота №13	4
	T14	Лабораторна робота №14	4	Лабораторна робота №14	4
	T15	Лабораторна робота №15	4	Лабораторна робота №15	4
	T16	Лабораторна робота №16	4	Лабораторна робота №16	4
ЗМ4	T17	Лабораторна робота №17	4	Лабораторна робота №17	4
	T18	Лабораторна робота №18	4	Лабораторна робота №18	4
	T19	Лабораторна робота №19	4	Лабораторна робота №19	4
	T20	Лабораторна робота №20	4	Лабораторна робота №20	4
	T21	Лабораторна робота №21	4	Лабораторна робота №21	4
	T22	Лабораторна робота №22	4	Лабораторна робота №22	4
	T23	Лабораторна робота №23	4	Лабораторна робота №23	4
Підсумковий контроль		Екзамен	40	Екзамен	40

	Денне відділення		Заочне відділення	
	Вид роботи	Бали	Вид роботи	Бали
Сума		100		100
Модуль 3 (курсова робота)				
	Пояснювальна записка	40	Пояснювальна записка	40
	Ілюстративна частина	20	Ілюстративна частина	20
	Захист роботи	40	Захист роботи	40
Сума		100		100

9. Засоби навчання

1. Мультимедійне обладнання.
2. Програмний комплекс Ansys.
3. Програмний комплекс SolidWorks.

10. Рекомендовані джерела інформації

Основна література

1. Сербін С.І., Мостіпаненко Г.Б. Інформаційні технології у турбінобудуванні : навч. посібник. Миколаїв: Вид-во НУК, 2012. 143 с.
2. Автоматизоване проектування в машинобудуванні: навч. посібник / М.О. Свірень, І.М. Осипов, М.М. Петренко та ін. Кропивницький: Вид-во Лисенко, 2017. 320 с.
3. Донченко М. В. Технології комп'ютерного проектування : навч. посібник. Миколаїв: Вид-во ЧНУ ім. Петра Могили, 2021. 364 с.

Допоміжна література

1. Алямовский А.А. и др. SolidWorks. Компьютерное моделирование в инженерной практике. СПб.: БХВ-Петербург, 2005. 800 с.

2. Берендеев Н.Н. Применение системы ANSYS к оценке усталостной долговечности : учебно-методические материалы по программе повышения квалификации «Информационные системы в математике и механике». Нижний Новгород, 2006. 84 с.
3. Дроконов А.М. Ansys: Руководство по расчету критической частоты ротора : учеб. пособие/ А.М. Дроконов, В.В. Рогалев, А.В. Бирюков. Брянск: БГТУ, 2010. 79 с.
4. Жидков А.В. Применение системы ANSYS к решению задач геометрического и конечно-элементного моделирования : учебно-методический материал по программе повышения квалификации «Информационные системы в математике и механике». Нижний Новгород, 2006. 115 с.
5. Лукьянова А.Н. Моделирование контактной задачи с помощью программы ANSYS : учеб.-метод. пособие. Самара: СГТУ, 2010. 52 с.
6. Плыкин М. Проектирование лопаточных машин : Часть 1 // ЗАО «ЕМТ Р» ANSYS Solutions, 2007. 256 с.
7. Проектирование деталей машин с использованием программного комплекса ANSYS : учеб.-метод. пособие / В.Н. Горелов, А.Н. Лукьянова. Самара: СГТУ, 2011. 70 с.
8. Хитрых Д. Проектирование лопаточных машин : Часть 2 // ЗАО «ЕМТ Р» ANSYS Advantage, 2008. 324 с.

Інформаційні ресурси в Інтернет

1. Сайт компанії Ansys – Режим доступу: www.ansys.com.
2. Сайт компанії SolidWorks – Режим доступу: www.solidworks.com.