

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



ЗАТВЕРДЖЕНО

Проректор з науково-
педагогічної роботи

 Сергій СЛОБОДЯН

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Program of the Discipline

**Комп'ютеризовані системи проєктування газотурбінних установок
COMPUTERIZED DESIGN SYSTEMS FOR GAS TURBINE UNITS**

рівень вищої освіти: другий (магістерський)

тип дисципліни: обов'язкова

мова(и) викладання: українська

Робоча програма навчальної дисципліни «Комп'ютеризовані системи проектування газотурбінних установок» є однією із складових комплексної підготовки фахівців галузі знань G Інженерія, виробництво та будівництво спеціальності G11 Машинобудування спеціалізації G11.02 Двигуни та енергетичні установки освітньо-професійної програми «Газотурбінні установки і компресорні станції».

«01» 09 2025 року. – 24 с.

Розробник:

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

Проект робочої програми навчальної дисципліни «Комп'ютеризовані системи проектування газотурбінних установок» узгоджено з гарантом освітньої програми «Газотурбінні установки і компресорні станції».

Гарант освітньої програми
канд. техн. наук, доцент



Володимир ПАТЛАЙЧУК

Проект робочої програми навчальної дисципліни «Комп'ютеризовані системи проектування газотурбінних установок» розглянуто на засіданні кафедри турбін.

Протокол № 3 від «11» 04 2025 р.

Завідувач кафедри

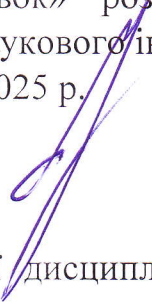


Володимир ПАТЛАЙЧУК

Проект робочої програми навчальної дисципліни «Комп'ютеризовані системи проектування газотурбінних установок» розглянуто Навчально-методичною радою Машинобудівного навчально-наукового інституту.

Протокол № 3 від «14» 04 2025 р.

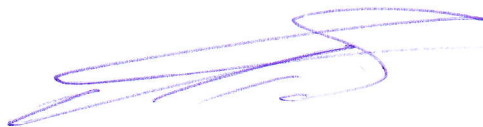
Голова



Сергій СЕРБІН

Проект робочої програми навчальної дисципліни «Комп'ютеризовані системи проектування газотурбінних установок» погоджено з навчальним відділом.

Начальник відділу



Андрій ЛАБАРТКАВА

Робоча програма навчальної дисципліни «Комп'ютеризовані системи проектування газотурбінних установок» затверджена Навчально-методичною радою НУК.

Протокол № 4 від «23» 04 2025 р.

Голова НМР НУК



Сергій СЛОБОДЯН

© НУК, 2025

Зміст

Вступ	4
1. Опис навчальної дисципліни	5
2. Мета вивчення навчальної дисципліни	5
3. Передумови для вивчення дисципліни	6
4. Очікувані результати навчання	6
5. Програма навчальної дисципліни	7
6. Методи навчання, засоби діагностики результатів навчання та методи їх демонстрування	13
7. Форми поточного та підсумкового контролю	14
8. Критерії оцінювання результатів навчання	19
9. Інструменти, обладнання та програмне забезпечення, використання яких передбачає навчальна дисципліна	20
10. Рекомендовані джерела інформації	20

ВСТУП

Анотація

Дисципліна спрямована на засвоєнні базових знань і вивчення теоретичних основ комп'ютеризованих систем проєктування 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 комп'ютеризованих системах проєктування турбоагрегатів, програмного забезпечення комп'ютеризованих систем проєктування, інформаційної підтримки життєвого циклу газотурбінних агрегатів різного призначення.

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

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

Abstract

The discipline is aimed at obtaining basic knowledge and studying the theoretical foundations of turbine units computerized 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 computerized design of turbine units, software of computerized 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: mathematical modeling, numerical methods, engineering analysis, computational fluid dynamics.

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність (освітня програма), освітній рівень	Характеристика навчальної дисципліни			
		Денна форма навчання		Заочна форма навчання	
Кількість кредитів – 10	Галузь знань: G Інженерія, виробництво та будівництво	Обов'язкова			
Модулів – 3	Спеціальність: G11 Машинобудування Спеціалізація: G11.02 Двигуни та енергетичні установки 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 – 300		Семестри:			
		1-й	2-й	1-й	2-й
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 3 та 4; самостійної роботи студента – 5 та 8.	Освітній рівень: другий (магістерський)	Лекції			
		15 год	15 год	6 год	6 год
		Лабораторні заняття			
		30 год	45 год	12 год	20 год
		Самостійна робота			
		75 год	120 год	102 год	154 год
		Індивідуальні завдання			
		–	КР	–	КР
		Вид контролю: залік (1-й семестр), залік та курсова робота (2-й семестр)			
		Форма контролю: комбінована			

2. Мета вивчення навчальної дисципліни

Метою вивчення навчальної дисципліни «Комп'ютеризовані системи проектування газотурбінних установок» є формування у студентів відповідно до освітньо-професійної програми таких **компетентностей**:

- ІК-1. Здатність розв'язувати задачі дослідницького та/або інноваційного характеру у галузі енергетичного машинобудування.
- СК 01. Здатність застосовувати спеціалізовані концептуальні знання, що включають сучасні наукові здобутки в сфері енергетичного машинобудування.

- СК 06. Здатність проєктувати та експлуатувати енергетичне і теплотехнологічне обладнання.
- СК 09. Здатність розробляти фізичні й математичні моделі процесів в газотурбінних установках, а також в системах та механізмах, які їх обслуговують, з аналізом результатів і розробкою методик розрахунку.
- СК 10. Здатність розробляти методики розрахунків і проведення досліджень при проєктуванні газотурбінних установок та компресорного обладнання з використанням сучасних інформаційних технологій.

3. Передумови для вивчення дисципліни

Передумовою для вивчення другого модуля дисципліни є освоєння матеріалу дисципліни «Теорія робочих процесів газотурбінних установок», який викладається у 1-му навчальному семестрі.

4. Очікувані результати навчання

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

- РН3. Формулювати і розв'язувати складні інженерні, виробничі та/або дослідницькі задачі під час проєктування, виготовлення і експлуатації енергетичного обладнання та створення конкурентоспроможних розробок, втілення результатів у інноваційних проєктах.
- РН6. Використовувати методи моделювання, а також методи експериментальних досліджень з метою детального вивчення тепло- і масообмінних, гідравлічних та інших процесів, які відбуваються в технологічному обладнанні та об'єктах енергетичного машинобудування.
- РН8. Розробляти, обирати та застосовувати ефективні розрахункові методи розв'язання складних задач енергетичного машинобудування.
- РН 14. Використовувати сучасні інформаційні системи та технології при проєктуванні газотурбінних установок та компресорного обладнання.

5. Програма навчальної дисципліни

Модуль 1 (перший семестр)

Змістовий модуль 1. Метод кінцевих елементів в системах САЕ.

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

Тема 2. Модулі та можливості програмного комплексу Ansys [1, с. 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, с. 22-26], [3].

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

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

Тема 5. Перспективи розвитку конструкцій та методів проєктування ГТД [2, с. 288-299].

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

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

Тема 8. Методологія розрахунків теплового стану основних елементів турбін за допомогою числових методів [2, с. 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, с. 14-16].

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

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

Тема 12. Застосування методу МКЕ для розрахунку фермової конструкції [1, с. 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 турбулентності для течій рідини [3, розд. 4].

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

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

Модуль 3 (курсова робота)

Індивідуальне науково-дослідне завдання [1, с. 20-35], [2, с. 89-124].

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 майстер-моделі та майстер-процесу.	15	2	–	4	9	15	1	–	2	12
Тема 2. Модулі та можливості програмного комплексу Ansys.	15	2	–	4	9	15	1	–	1	13
Тема 3. Метод кінцевих елементів. Основні поняття. Поняття кінцевого елемента. Алгоритми та методи побудови кінцево-елементних розрахункових сіток засобами програмного комплексу Ansys.	15	2	–	4	9	15	1	–	2	12

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 4. Побудова програми МКЕ. Облік нелінійності в процедурах МКЕ. Методи оптимізації в інженерному аналізі.	15	2	–	4	9	15	–	–	1	14
Разом за змістовим модулем 1	60	8	–	16	36	60	3	–	6	51
Змістовий модуль 2. Методи проектування ГТД та його частин за допомогою методу кінцевих елементів.										
Тема 5. Перспективи розвитку конструкцій та методів проектування ГТД.	15	2	–	4	9	15	1	–	2	12
Тема 6. Методика розрахунку лопаток на міцність в тривимірній постановці.	15	2	–	4	9	15	1	–	1	13
Тема 7. Методологія числового моделювання аеродинамічних течій в турбінах та компресорах.	15	2	–	4	9	15	1	–	2	12
Тема 8. Методологія розрахунків теплового стану основних елементів турбін за допомогою числових методів.	15	1	–	2	12	15	–	–	1	14
Разом за змістовим модулем 2	60	7	–	14	39	60	3	–	6	51
Усього годин за модулем 1	120	15	–	30	75	120	6	–	12	102
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	–	6	4	12	1	–	3	8
Тема 10. Рівняння МКЕ. Граничні та початкові умови.	11	2	–	6	3	11	1	–	3	7
Тема 11. Вирішення рівнянь МКЕ. Аналіз результатів рішення.	11	2	–	6	3	11	1	–	2	8
Тема 12. Застосування методу МКЕ для розрахунку фермової конструкції.	11	2	–	6	3	11	–	–	2	9
Разом за змістовим модулем 3	45	8	–	24	13	45	3	–	10	32
Змістовий модуль 4. Теорія застосування МКЕ для вирішення задач гідрогазодинаміки										
Тема 13. Рівняння руху рідини. Рівняння Нав'є-Стокса.	12	2	–	6	4	12	1	–	3	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 14. Огляд моделей турбулентностей для течій рідини.	11	2	–	6	3	11	1	–	2	8
Тема 15. Граничні умови для задач числової гідродинаміки.	11	2	–	6	3	11	–	–	3	8
Тема 16. Моделювання потоків у лопаткових машинах з системою координат, що обертається.	11	1	–	3	7	11	1	–	2	8
Разом за змістовим модулем 4	45	7	–	21	17	45	3	–	10	32
Усього годин за модулем 2	90	15	–	45	30	90	6	–	20	64
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
Модальний 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	300	30	–	75	195	300	14	–	36	250

Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		денна форма	заочна форма
1	Графічний інтерфейс Ansys Workbench. Робота з проектом в Ansys Workbench	4	2
2	Графічний інтерфейс модуля Design Modeler	4	1
3	Управління матеріалами та їх властивостями	4	2
4	Генерація кінцево-елементної сітки в Ansys Workbench	4	1
5	Побудова кінцево-елементної тетраедричної моделі з призматичним шаром теплообмінника	4	2
6	Побудова кінцево-елементної моделі з тетраедричних елементів камери згоряння	4	2
7	Побудова кінцево-елементної моделі лопатки та лопаткового каналу з тетраедричних елементів	4	1
8	Завдання граничних умов та експорт кінцево-елементних сіток	2	1
	Усього годин за модулем 1	30	12
9	Статичний конструкційний аналіз. Послідовність вирішення статичної задачі (частина 1)	2	1
10	Статичний конструкційний аналіз. Послідовність вирішення статичної задачі (частина 2)	2	1
11	Стаціонарний тепловий аналіз	4	2
12	Лінійний конструкційний аналіз	4	1
13	Модальний аналіз кришки мотора або лопатки	4	2
14	Статичний конструкційний аналіз лопатки навантаженої відцентровою силою	4	2
15	Статичний конструкційний аналіз лопатки навантаженої відцентровою та гідродинамічними силами	4	1
16	Модальний аналіз навантаженої лопатки	4	2
17	Тепловий аналіз лопатки з диском	4	2
18	Тепловий нестационарний аналіз охолоджуваної лопатки	4	1
19	Генерація розрахункової моделі ступені лопаткової 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	1	1
	Усього годин за модулем 2	45	20
	Разом за курсом	75	32

Розподіл часу самостійної роботи

№ з/п	Вид роботи	Кількість годин	
		денна форма	заочна форма
Модуль 1 (перший семестр)			
1	Підготовка до лабораторних робіт	16	24
2	Підготовка до модульних контрольних робіт	29	48
3	Підготовка до заліку	30	30
	Усього годин за модулем 1	75	102
Модуль 2 (другий семестр)			
1	Підготовка до лабораторних робіт	15	34
2	Підготовка до заліку	15	30
	Усього годин за модулем 2	30	64
Модуль 3 (курсова робота)			
1	Виконання курсової роботи	90	90
	Усього годин за модулем 3	90	90
Разом за курсом		195	256

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 проєктування:

- 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 осьову 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 дистанційного навчання заняття проводяться за допомогою онлайн-платформи Zoom.

Засобами оцінювання та методами демонстрування результатів навчання з дисципліни «Комп'ютеризовані системи проєктування газотурбінних установок» є:

- виконання лабораторних робіт;
- виконання модульних контрольних робіт;
- виконання курсової роботи;
- залік.

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 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 заліку в загальній системі оцінок – **40 балів**. Право здавати заключний залік надається студенту, якій з урахуванням отриманих балів

проміжних оцінок і заключного заліку може набрати разом не менше **60 балів**. Підсумкова семестрова оцінка є сумою проміжних оцінок і оцінки заліку.

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
Залік	40 балів	40 балів
Всього	100	100
Модуль 3 (курсowa 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.

Виконання лабораторної роботи	Критерії оцінювання
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 роботу згідно з інструкцією; складений звіт містить неточності у висновках та помилки.
1	Робота виконана з порушенням встановлених термінів. Студент виконує лабораторну роботу 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 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 проєкту.
	31-35	Зміст роботи відповідає обраній темі; наявність чітко сформульованої проблеми; адекватність формулювання об'єкта, предмета, мети та задач дослідження; визначення ступеню розробленості проблеми дослідження; наявність посилань на використану літературу та відповідність оформлення роботи стандарту; адекватність обраних методів предмету дослідження, грамотне використання методів (процедура, обробка, інтерпретація результатів); використання методів математичної статистики; відповідність висновків меті та завданням дослідження. Робота виконувалась не систематично та подана на перевірку науковому керівнику з порушенням плану виконання курсового проєкту.
	21-30	Зміст роботи відповідає обраній темі; але має поверхневий аналіз, матеріал викладено непослідовно та необґрунтовано. Робота виконувалась не систематично та подана на перевірку науковому керівнику з порушенням плану виконання курсового проєкту.
	16-20	Робота, оформлена за вимогами, які пред'являються до курсових проєктів, але має недостатньо критичний аналіз, матеріал викладено непослідовно та необґрунтовано. Основні тези роботи розкриті, але недостатньо обґрунтовані, нечітко сформульовано висновки, пропозиції і рекомендації.
	6-15	Студент відтворює значну частину теоретичного матеріалу, виявляє знання і розуміння основних положень і лише за допомогою викладача може виправляти помилки, серед яких є значна кількість суттєвих.
	0-5	Робота не носить дослідницького характеру, не має аналізу і не відповідає вимогам, які пред'являються до курсових проєктів. У роботі немає висновків або вони носять декларативний характер.
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.

Параметри оцінювання	Кількість балів	Критерії оцінювання за бальною шкалою
	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.
	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
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

	Денне відділення		Заочне відділення	
	Вид роботи	Бали	Вид роботи	Бали
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	Залік	40	Залік	40
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. Інструменти, обладнання та програмне забезпечення, використання яких передбачає навчальна дисципліна

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. Кулик М. С., Гвоздецький І. І. Системи автоматичного керування газотурбінних двигунів і газотурбінних установок. Київ : НАУ, 2017. 320 с.
2. Тимошенко В. І. Комп'ютерне моделювання аеротермо-газодинамічних процесів у технічних об'єктах. Київ : Наукова думка, 2022. 194 с.
3. Ткаченко В. П., Сидоренко І. О., Мельник С. В. CFD-моделювання течій у каналах вхідних пристроїв авіаційних газотурбінних двигунів. *Вісник ІТМ НАНУ*. 2020. Т. 92. С. 37–46.
4. Schobeiri M. T. Gas Turbine Design, Components and System Design Integration. Springer, 2012. 725 p.
5. Moroni G., Petro S., Polini W. CAD-based shape optimization for gas turbine component design. *Structural and Multidisciplinary Optimization*. 2010. Vol. 41, no. 2. P. 341–353.
6. Pierret S., Van den Braembussche R. A Unified Geometry Parametrization Method for Turbomachinery Blades. *Computer-Aided Design*. 2020. Vol. 119. P. 102–115.
7. Fletcher C. A. J. Computational Techniques for Fluid Dynamics / C. A. J. Fletcher // Vol. 2, Specific Techniques for Different Flow Categories, Springer-Verlag, 1991. – 494 pp.

Інформаційні ресурси в Інтернет

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