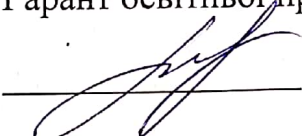


Міністерство освіти і науки України
Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»

Кафедра композитних конструкцій і авіаційного матеріалознавства (№ 403)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Гарант освітньої програми

 М. А. Шевцова

«___» _____ 2021 р.

**РОБОЧА ПРОГРАМА
ВИБІРКОВОЇ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

Оптимальне проектування конструкцій із композитів
(назва навчальної дисципліни)

Галузь знань: 13 «Механічна інженерія»

(шифр і найменування галузі знань)

Спеціальність: 134 «Авіаційна та ракетно-космічна техніка»

(код і найменування спеціальності)

Освітня програма: Проектування та виробництво конструкцій із композиційних матеріалів

(найменування освітньої програми)

Форма навчання: денна

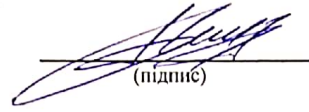
Рівень вищої освіти: другий (магістерський)

Харків 2021 рік

Розробник:

доцент кафедри композитних конструкцій і
авіаційного матеріалознавства (№ 403)

к.т.н., доцент


(підпис)

Ф. М. Гагауз

Робочу програму розглянуто на засіданні кафедри композиційних конструкцій і
авіаційного матеріалознавства (№403), протокол № 1 від 28.08.2021 р.

Завідувач кафедри 403

к.т.н., професор


(підпис)

М. А. Шевцова

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність, освітня програма, рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни (денна форма навчання)	
Кількість кредитів – 10	Галузь знань <u>13 Механічна інженерія</u> (шифр і найменування) Спеціальність <u>134 Авіаційна та ракетно-космічна техніка</u> (код і найменування) Освітня програма <u>«Проектування та виробництво конструкцій із композиційних матеріалів»</u> (найменування) Рівень вищої освіти <u>другий (магістерський)</u>	Вибіркова	
Кількість модулів – 3		Навчальний рік	
Кількість змістових модулів – 5		2021 / 2022	
Індивідуальне завдання _____ _____ (назва)		Семестр	
		1-й	2-й
		Лекції	
		32 год.	—
Загальна кількість годин – 88 / 300		Практичні, семінарські	
		24 год.	32 год.
Кількість тижневих годин для денної форми навчання ¹⁾ : семестр 1: аудиторних – 3,5; самостійної роботи – 11,5 семестр 2: аудиторних – 2; самостійної роботи – 1,75		Лабораторні	
	—	—	
	Самостійна робота		
	184 год.	28 год.	
	Індивідуальні завдання		
	—	—	
Вид контролю			
	іспит	диф. залік	

Примітка:

¹⁾ Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної і індивідуальної роботи для денної форми навчання становить:

- у 1-му семестрі – 56 / 184;
- у 2-му семестрі – 32 / 28.

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета – формування у студентів професійно-профільних знань і практичних навичок для оптимального проектування конструкцій із композитів, зокрема методом скінченних елементів.

Завдання – вивчення аналітичних і чисельних методів оптимального проектування конструкцій із композитів та придбання навичок оптимального проектування елементів авіаційних конструкцій з композитів за допомогою систем інженерного аналізу.

Результати навчання:

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен вміти досліджувати проблеми з використанням системного аналізу, синтезу, комп'ютерного моделювання та методів оптимізації.

Міждисциплінарні зв'язки: переддипломна практика, дипломне проектування.

3. Програма навчальної дисципліни

Модуль 1. Вступ в теорію оптимізації.

Змістовий модуль 1. Аналітичні методи оптимізації.

Тема 1. Початкові відомості про завдання оптимізації. Основні поняття теорії оптимального управління. Цільова функція, обмеження на аргументи цільової функції. Безумовна та умовна оптимізація. Поняття безумовного та умовного екстремуму цільової функції. Різниця між локальними і глобальними мінімумами і максимумами. Мультиmodalність цільової функції. Задачі одновимірної та багатовимірної оптимізації. Задачі лінійного та нелінійного програмування. Основні особливості аналітичних та чисельних методів оптимізації.

Тема 2. Приклади задач оптимізації. Оптимізація розмірів ємності заданого об'єму. Задача про раціональне використання ресурсів. Застосування інструментів MS Excel для вирішення задач оптимізації.

Тема 3. Аналітичні методи рішення задач одновимірної оптимізації. Необхідна умова локального екстремуму функції однієї змінної. Достатня умова екстремуму. Приклади рішення задач одновимірної оптимізації.

Тема 4. Аналітичні методи рішення задач багатовимірної оптимізації без обмежень. Необхідна умова екстремуму функції декількох змінних. Поняття градієнта цільової функції. Матриця Гессе. Позитивно і негативно визначені матриці Гессе. Достатня умова екстремуму. Приклади визначення екстремуму функції декількох змінних.

Тема 5. Задачі з обмеженнями у вигляді рівностей. Метод множників Лагранжа. Функція Лагранжа. Формулювання системи розв'язуючих рівнянь. Приклади рішення задач умовної оптимізації методом множників Лагранжа.

Тема 6. Задачі з обмеженнями у вигляді нерівностей. Умови Куна – Таккера. Особливості вирішення задач з обмеженнями у вигляді нерівностей. Активні (зв'язуючі) і неактивні обмеження. Умови Куна – Таккера. Умови стаціонарності функції Лагранжа, допустимості рішення, ненегативності, додаткової нежорсткості. Система розв'язуючих рівнянь. Приклади застосування умови Куна – Таккера при рішенні задач.

Змістовий модуль 2. Чисельні методи оптимізації.

Тема 7. Загальні відомості про чисельні методи оптимізації. Загальна характеристика чисельних методів оптимізації. Поняття о початковому наближенні. Ітераційний процес пошуку оптимального рішення. Параметри, що характеризують збіжність рішення. Чисельне обчислення першої та другої похідної функції у точці.

Тема 8. Чисельні методи одновимірної оптимізації. Метод прямого перебору. Метод порозрядного наближення. Метод золотого перетину. Переваги та недоліки.

Тема 9. Чисельні методи багатовимірної безумовної оптимізації. Градієнтні методи. Метод найшвидшого спуску, метод сполучених градієнтів. Ньютонівські методи. Класичний

метод Ньютона. Модифікований метод Ньютона, або метод Ньютона – Рафсона. Квазіньютонівські методи. Прямі методи. Методи випадкового пошуку. Переваги та недоліки чисельних методів.

Тема 10. Чисельні методи багатомірної умовної оптимізації. Методи нелінійного програмування. Методи штрафних функцій і методи можливих напрямків. Метод зовнішніх штрафних функцій. Метод Бокса (метод деформованого багатогранника або нелінійний симплекс-метод). Методи лінійного програмування. Симплекс-метод, його переваги. Проблема пошуку глобального екстремуму і рекомендації щодо застосування чисельних методів.

Модульний контроль №1

Модуль 2. Оптимальне проектування конструкцій в MSC.PATRAN/NASTRAN.

Змістовий модуль 3. Параметричне моделювання конструкцій.

Тема 11. Параметричне моделювання конструкцій в MSC.PATRAN. Особливості параметричного моделювання конструкцій. Параметрична побудова геометричної та скінчено-елементної моделей. Ввід дробових та ціле-чисельних параметрів. Ввід функцій однієї та декількох змінних. Створення файлу конфігурації з вихідними параметрами. Вивід результатів статичного розрахунку у текстовий файл.

Тема 12. Основи мови програмування Patran Command Language (PCL). Знайомство з основними командами PCL. Типи змінних. Масиви. Основні оператори. Приклади роботи з операторами та виразами. Операції вибору, цикли. Деякі корисні вбудовані функції. Команди створення геометрії, сітки скінчених елементів, завдання граничних умов і навантаження, властивостей матеріалів і скінчених елементів та ін. Робота з ses-файлів.

Модульний контроль №2

Змістовий модуль 4. Параметрична оптимізація конструкцій.

Тема 13. Постановка оптимізаційних задач в MSC.PATRAN. Що таке параметрична оптимізація, характерні ознаки. Створення проектних змінних. Створення обмежень за міцністю, стійкістю, жорсткістю та ін. Вибір цільової функції. Особливості створення проектних змінних в задачах оптимізації конструкцій із композитів. Створення зв'язків між проектними змінними. Постановка оптимізаційних задач в MSC.PATRAN, вибір параметрів рішення, вивід результатів. Оцінка збіжності рішення.

Тема 14. Приклади рішення оптимізаційних задач в MSC.PATRAN/NASTRAN. Задача оптимізації параметрів ферми. Задачі оптимізації параметрів композитної балки. Задачі оптимізації параметрів композитної панелі з отвором.

Модульний контроль №3

Змістовий модуль 5. Топологічна оптимізація конструкцій.

Тема 15. Вступ у топологічну оптимізацію. Що таке топологічна оптимізація? Характерні ознаки та різниця між топологічною, топометричною, топографічною оптимізацією. Типи цільових функцій і проектних змінних в задачах топологічної оптимізації. Обмеження. Постановка задач топологічної оптимізації в MSC.PATRAN, вибір параметрів рішення, вивід результатів. Необхідність інженерної обробки результатів. Особливості рішення задач топологічної оптимізації композитних конструкцій.

Тема 16. Приклади рішення задач топологічної оптимізації в MSC.PATRAN/NASTRAN. Оптимізація форми кронштейна. Задачі оптимізації форми фермової конструкції.

Модульний контроль №4

Модуль 3. Курсовий проект.

Тема 17. Оптимальне проектування композитної балки в MSC.PATRAN/NASTRAN. Вирішення задачі оптимізації форми і параметрів композитної балки. Побудова геометричної та скінчено-елементної моделі. Завдання граничних умов і зовнішніх навантажень. Опис властивостей матеріалів і скінчених елементів. Виконання оптимізації композитної балки за умов міцності, стійкості та жорсткості.

4. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин					
	усього	у тому числі				
		л	п	лаб	інд	с.р.
Модуль 1. Вступ в теорію оптимізації						
Змістовий модуль 1. Аналітичні методи оптимізації						
Тема 1. Початкові відомості про завдання оптимізації	6	2	–	–	–	4
Тема 2. Приклади задач оптимізації	6	2	–	–	–	4
Тема 3. Аналітичні методи рішення задач одновимірної оптимізації	12	2	2	–	–	8
Тема 4. Аналітичні методи рішення задач багатовимірної оптимізації без обмежень	10	2	–	–	–	8
Тема 5. Задачі з обмеженнями у вигляді рівностей. Метод множників Лагранжа	10	2	–	–	–	8
Тема 6. Задачі з обмеженнями у вигляді нерівностей. Умови Куна – Таккера	12	2	2	–	–	8
Разом за змістовим модулем 1	56	12	4	0	0	40
Змістовий модуль 2. Чисельні методи оптимізації						
Тема 7. Загальні відомості про чисельні методи оптимізації	6	2	–	–	–	4
Тема 8. Чисельні методи одновимірної оптимізації	12	2	2	–	–	8
Тема 9. Чисельні методи багатовимірної безумовної оптимізації	10	2	–	–	–	8
Тема 10. Чисельні методи багатовимірної умовної оптимізації	14	2	–	–	–	12
Модульний контроль №1	6	–	2	–	–	4
Разом за змістовим модулем 2	48	8	4	0	0	36
Модуль 2. Оптимальне проектування конструкцій в MSC.PATRAN/NASTRAN						
Змістовий модуль 3. Параметричне моделювання конструкцій						
Тема 11. Параметричне моделювання конструкцій в MSC.PATRAN	20	2	2	–	–	16
Тема 12. Основи мови програмування Patran Command Language (PCL)	20	2	2	–	–	16
Модульний контроль №2	6	–	2	–	–	4
Разом за змістовим модулем 3	46	4	6	0	0	36
Змістовий модуль 4. Параметрична оптимізація конструкцій						
Тема 13. Постановка оптимізаційних задач в MSC.PATRAN	20	2	2	–	–	16
Тема 14. Приклади рішення оптимізаційних задач в MSC.PATRAN/ NASTRAN	20	2	2	–	–	16
Модульний контроль №3	6	–	2	–	–	4
Разом за змістовим модулем 4	46	4	6	0	0	36
Змістовий модуль 5. Топологічна оптимізація конструкцій						
Тема 15. Вступ у топологічну оптимізацію	18	2	–	–	–	16
Тема 16. Приклади рішення задач топологічної оптимізації в MSC.PATRAN/ NASTRAN	20	2	2	–	–	16
Модульний контроль №4	6	–	2	–	–	4
Разом за змістовим модулем 5	44	4	4	0	0	36
Усього за 1-й семестр	240	32	24	0	0	184

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин					
	усього	у тому числі				
		л	п	лаб	інд	с.р.
Модуль 3. Курсовий проект						
Тема 17. Оптимальне проектування композитної балки в MSC.PATRAN/ NASTRAN	60	–	32	–	–	28
Усього за 2-й семестр	60	0	32	0	0	28
Разом з дисципліни	300	32	56	0	0	212

5. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Тема 3. Аналітичні методи рішення задач одновимірної оптимізації	2
2	Тема 5. Задачі з обмеженнями у вигляді рівностей. Метод множників Лагранжа	2
3	Тема 8. Чисельні методи одновимірної оптимізації	2
4	Модульний контроль №1	2
5	Тема 11. Параметричне моделювання конструкцій в MSC.PATRAN	2
6	Тема 12. Основи мови програмування Patran Command Language (PCL)	2
7	Модульний контроль №2	2
8	Тема 13. Постановка оптимізаційних задач в MSC.PATRAN	2
9	Тема 14. Приклади рішення оптимізаційних задач в MSC.PATRAN/ NASTRAN	2
10	Модульний контроль №3	2
11	Тема 16. Приклади рішення задач топологічної оптимізації в MSC.PATRAN/ NASTRAN	2
12	Модульний контроль №4	2
Усього за 1-й семестр		24
13	Тема 17. Оптимальне проектування композитної балки в MSC.PATRAN/ NASTRAN	32
Усього за 2-й семестр		32
Разом з дисципліни		56

6. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	2	3
1	Тема 1. Початкові відомості про завдання оптимізації	4
2	Тема 2. Приклади задач оптимізації	4
3	Тема 3. Аналітичні методи рішення задач одновимірної оптимізації	8
4	Тема 4. Аналітичні методи рішення задач багатовимірної оптимізації без обмежень	8
5	Тема 5. Задачі з обмеженнями у вигляді рівностей. Метод множників Лагранжа	8
6	Тема 6. Задачі з обмеженнями у вигляді нерівностей. Умови Куна – Таккера	8
7	Тема 7. Загальні відомості про чисельні методи оптимізації	4
8	Тема 8. Чисельні методи одновимірної оптимізації	8
9	Тема 9. Чисельні методи багатовимірної безумовної оптимізації	8

1	2	3
10	Тема 10. Чисельні методи багатомірної умовної оптимізації	12
11	Модульний контроль №1	4
12	Тема 11. Параметричне моделювання конструкцій в MSC.PATRAN	16
13	Тема 12. Основи мови програмування Patran Command Language (PCL)	16
14	Модульний контроль №2	4
15	Тема 13. Постановка оптимізаційних задач в MSC.PATRAN	16
16	Тема 14. Приклади рішення оптимізаційних задач в MSC.PATRAN/ NASTRAN	16
17	Модульний контроль №3	4
18	Тема 15. Вступ у топологічну оптимізацію	16
19	Тема 16. Приклади рішення задач топологічної оптимізації в MSC.PATRAN/ NASTRAN	16
20	Модульний контроль №4	4
Усього за 1-й семестр		184
21	Тема 17. Оптимальне проектування композитної балки в MSC.PATRAN/ NASTRAN	28
Усього за 2-й семестр		28
Разом з дисципліни		212

7. Методи навчання

Проведення лекцій, практичних занять, індивідуальні консультації, самостійна робота студентів за матеріалами, опублікованими кафедрою.

8. Методи контролю

Проведення письмового модульного контролю, що виконується під час аудиторних занять, контролю виконання курсового проекту, семестровий контроль у вигляді іспиту (1-ий семестр) та захисту курсового проекту (2-ий семестр).

9. Критерії оцінювання та розподіл балів, які отримують студенти

Кількісні критерії оцінювання (розподіл балів)

Розподіл балів, які отримують студенти у 1-му семестрі:

Складові навчальної роботи	Бали за одне заняття (завдання)		Кількість занять (завдань)	Сумарна кількість балів	
	min	max		min	max
Змістовний модуль 1, 2					
Модульний контроль №1	6	10	2	12	20
Змістовний модуль 3					
Модульний контроль №2	6	10	3	18	30
Змістовний модуль 4					
Модульний контроль №3	6	10	3	18	30
Змістовний модуль 5					
Модульний контроль №4	6	10	2	12	20
Всього за 1-й семестр				60	100

Розподіл балів, які отримують студенти у 2-му семестрі (під час виконання курсового проекту):

Пояснювальна записка	Ілюстративна частина	Захист роботи	Всього за 2-й семестр
25...40	25...40	10...20	60...100

Семестровий контроль (іспит) проводиться у разі відмови студента від балів поточного тестування. Під час складання семестрового іспиту студент має можливість отримати максимум 100 балів.

Якісні критерії оцінювання (необхідний обсяг знань і вмінь)

Необхідний обсяг знань для одержання позитивної оцінки:

- основні складові та структуру оптимізаційної задачі;
- принципи класифікації задач оптимізації;
- основні методи розв'язання задач на пошук екстремумів функцій однієї чи декількох змінних та межі їх застосування;
- можливості сучасного програмного забезпечення у розв'язанні задач оптимізації.

Необхідний обсяг вмінь для одержання позитивної оцінки:

- виконувати постановку задачі оптимізації;
- застосовувати на практиці оптимізаційні алгоритми відповідно до класу задачі;
- застосовувати сучасне програмне забезпечення для розв'язання задач оптимізації та аналізувати отримані за їхньою допомогою результати.

Критерії оцінювання роботи студента протягом 1-го семестру

Задовільно (60...74). Показати мінімум знань та вмінь. Здати всі модульні завдання. Вміти самостійно обирати та застосовувати методи оптимального проектування базових елементів авіаційної та ракетно-космічної техніки із КМ.

Добре (75...89). Твердо знати мінімум, здати всі модульні завдання та додаткову поза аудиторну самостійну роботу. Розв'язувати прикладні інженерні задачі з оптимального проектування типових елементів авіаційної та ракетно-космічної техніки із КМ за допомогою аналітичних або чисельних методів та вміти пристосовувати їх для реалізації на ЕОМ.

Відмінно (90...100). Здати всі контрольні заходи та додаткову поза аудиторну самостійну роботу з оцінкою «відмінно». Досконально володіти інформацією за всіма темами та вміти застосовувати її.

Критерії оцінювання роботи над курсовим проектом протягом 2-го семестру

Задовільно (60...74). Проект виконаний в повному обсязі, але недостатньо повно розкривається зміст підрозділів. Відсутні пояснювальні схеми, чисельні результати проектування елементів конструкції, висновки та ін. Пояснювальна записка та ілюстративна частина виконана з відхиленням від стандартів, частково відсутня графічна та технічна інформація, загальний обсяг і зміст помилок допускають виправлення. Відповіді на питання членів комісії не повні, повністю не розкриті, відсутні конкретні приклади. Наявність суттєвих помилок при відповідях, які студент виправляє після додаткових запитань викладача. В цілому студентом виконані правильні дії по використанню знань на практиці. Значні відхилення від плану-графіку виконання курсового проекту.

Добре (75...89). Проект виконаний в повному обсязі, але недостатньо повно розкривається сутність понять деяких підрозділів змісту курсового проекту, дається тільки їх визначення. Пояснювальна записка та ілюстративна частина виконана з незначними відхиленням від стандартів, загальний обсяг і зміст помилок допускають виправлення безпосередньо в пояснювальній записці та на кресленнях. Відповіді на питання членів комісії повні, але недостатньо обґрунтовані, несуттєві помилки, які студент впевнено виправляє з допомогою викладача. Незначні відхилення від плану-графіку виконання курсового проекту.

Відмінно (90...100). Проект виконаний в повному обсязі і носить продуктивний характер. Наявні глибокі вичерпуючі знання в об'ємі пояснювальної записки та на кресленнях. Відповіді на питання повні і обґрунтовані з конкретними прикладами. Усі етапи плану-графіку виконання курсового проекту виконанні у строк.

Шкала оцінювання: бальна і традиційна

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка за традиційною шкалою	
	Іспит, диференційований залік	Залік
90 – 100	Відмінно	Зараховано
75 – 89	Добре	
60 – 74	Задовільно	
0 – 59	Незадовільно	Не зараховано

10. Методичне забезпечення

1. Методичні вказівки по виконанню практичних робіт [Электронный ресурс].

11. Рекомендована література

Базова

1. Ставиченко, В. Г. Оптимизация в технике [Текст] : учеб. пособие / В. Г. Ставиченко, С. М. Пургина. – Х. : Нац. аэрокосм. ун-т им. Н. Е. Жуковского «Харьк. авиац. ин-т», 2015. – 72 с.
2. Реклейтис, Г. Оптимизация в технике: в 2 кн.; пер. с англ. / Г. Реклейтис, А. Рейвиндран, К. Рэгсел. – М. : Мир, 1986. – 320 с.
3. Пантелеев, А. В. Методы оптимизации в примерах и задачах: учеб. пособие / А. В. Пантелеев, Т. А. Летова. – 2-е изд., испр. – М. : Высш. шк., 2005. – 544 с.
4. Численные методы условной оптимизации; под ред. Ф. Гилла, У. Мюраэя. – М. : Мир, 1977. – 287 с.
5. Измайлов, А. Ф. Численные методы условной оптимизации: учеб. пособие / А. Ф. Измайлов, М. В. Слодов. – М. : ФИЗМАТЛИТ, 2005. – 304 с.

Допоміжна

1. Ашманов, С. А. Линейное программирование / С. А. Ашманов. – М. : Наука, 1981. – 230 с.
2. Ляшенко, И. Н. Линейное и нелинейное программирование / И. Н. Ляшенко, Е. А. Карагодова. – К. : Вища шк., 1975. – 372 с.
3. Карпов, Я. С. Проектирование деталей и агрегатов из композитов: учебник / Я. С. Карпов. – Х. : Нац. аэрокосм. ун-т. «Харьк. авиац. ин-т», 2010. – 768 с.
4. Васильев, А. Н. Научные вычисления в Microsoft Excel / А. Н. Васильев. – М. : Изд. дом «Вильямс», 2004. – 512 с.
5. Жиглявский, А. А. Методы поиска глобального экстремума / А. А. Жиглявский, А. Г. Жилинскас. – М. : Мир, 1988. – 340 с.

12. Інформаційні ресурси

Сайт кафедри: k403.khai.edu