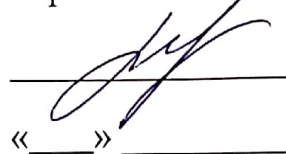


Міністерство освіти і науки України
Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»

Кафедра композиційних конструкцій і авіаційного матеріалознавства (№ 403)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Гарант освітньої програми

 М. А. Шевцова
«___» _____ 2021 р.

**РОБОЧА ПРОГРАМА
ВИБІРКОВОЇ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

Метод скінчених елементів у розрахунках композитних конструкцій

(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 композитних конструкцій

(найменування освітньої програми)

Форма навчання: денна

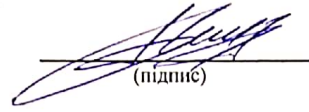
Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)

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 – 8,5	Галузь знань 13 Механічна інженерія (шифр і найменування) Спеціальність 134 Авіаційна та ракетно-космічна техніка (код і найменування) Освітня програма «Проектування та виробництво композитних конструкцій» (найменування) Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)	Вибіркова	
Кількість модулів – 3		Навчальний рік	
		2021 / 2022	
		Семестр	
Кількість змістових модулів – 6		7-й	8-й
		Лекції	
Загальна кількість годин – 112 / 255		32 год.	24 год.
		Практичні	
Кількість тижневих годин для денної форми навчання: семестр 7: аудиторних – 4; самостійної роботи – 4,4 семестр 8: аудиторних – 4; самостійної роботи – 6		32 год.	24 год.
		Лабораторні	
		–	–
		Самостійна робота	
		71 год.	72 год.
		Вид контролю	
	модульний контроль, іспит	модульний контроль, іспит	

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної роботи становить:
у 7-му семестрі – 64 / 71;
у 8-му семестрі – 48 / 72.

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета: вивчити сучасні чисельні методи розрахунку на міцність конструкцій із композитів, зокрема метод скінчених елементів.

Завдання: вивчення основ варіаційних методів та методу скінчених елементів для розрахунку на міцність та стійкість конструкцій із композитів та придбання навичок моделювання елементів авіаційних конструкцій за допомогою систем інженерного аналізу.

Компетентності, які набуваються:

- знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності;
- здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу;
- використання математичного апарату під час вирішення завдань в області проектування та виробництва композитних конструкцій;
- здатність розрахунку елементів авіаційної та ракетно-космічної техніки, у тому числі з композиційних матеріалів використовуючи знання у галузі механіки та міцності матеріалів та конструкцій.
- проектувати основні конструктивні елементи АКТ (лонжерони, обшивку, нервюри тощо) у тому числі з композиційних матеріалів.

Очікувані результати навчання:

- здатність до математичного та логічного мислення, знання основних понять, ідей і методів фундаментальної математики та вміння їх використовувати під час розв'язання конкретних завдань;
- обчислювати напружено-деформований стан, визначати несучу здатність конструктивних елементів авіаційної та ракетно-космічної техніки у тому числі з композиційних матеріалів.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен вміти:

- проводити розрахунок елементів авіаційної та ракетно-космічної техніки, у тому числі з композиційних матеріалів використовуючи знання у галузі механіки та міцності матеріалів та конструкцій;
- використовувати відповідне програмне забезпечення (мови програмування, пакети) для проведення фізичних та математичних розрахунків в області проектування та виробництва композитних конструкцій;
- обчислювати напружено-деформований стан, визначати несучу здатність конструктивних елементів авіаційної та ракетно-космічної техніки у тому числі з композиційних матеріалів.

Пререквізити – механіка конструкцій з композитів; будівельна механіка.

Кореквізити – міцність конструкцій з композитів; кваліфікаційна робота бакалавра.

3. Програма навчальної дисципліни

Модуль 1. Вступ у метод скінчених елементів.

Змістовий модуль 1. Варіаційні методи.

Тема 1. Основні рівняння лінійної теорії пружності. Основні припущення лінійної теорії пружності. Напружений стан деформівного твердого тіла. Запис рівнянь рівноваги. Переміщення та деформований стан деформівного твердого тіла. Співвідношення між деформаціями та переміщеннями в лінійній теорії пружності. Граничні умови. Фізичний закон для анізотропного твердого тіла. Статичні та геометричні рівняння деформівного твердого тіла. Основні рівняння лінійної теорії пружності в напруженнях і переміщеннях.

Тема 2. Варіаційні принципи механіки деформівного твердого тіла. Варіаційні методи. Особливості розв'язування системи основних рівнянь лінійної теорії пружності. Варіаційні принципи механіки пружного твердого тіла. Принцип можливих переміщень, запис варіаційного функціоналу. Принципу можливих змін напруженого стану. Змішані варіаційні принципи. Сутність варіаційних методів рішення задач будівельної механіки. Основні положення метода Релея – Рітца. Апроксимація поля переміщень в методі Релея – Рітца, основні вимоги що до вибору апроксимуючих функцій. Підвищення точності рішення інженерних задач методом Релея – Рітца. Варіаційні рівняння що застосовуються при рішенні задач будівельної механіки.

Тема 3. Приклади рішення задач будівельної механіки варіаційним методом Релея – Рітца. Застосування варіаційного методу Релея – Рітца для розрахунку шарнірно-опертої балки при поперечному згині. Застосування варіаційного методу Релея – Рітца для розрахунку статично-невизначених балок при довільному навантаженні.

Модульний контроль №1

Змістовий модуль 2. Вступ у метод скінчених елементів.

Тема 4. Теоретичні основи методу скінчених елементів. Метод скінчених елементів в трактовці методу переміщень. Основні положення методу скінчених елементів. Різновиди методу скінчених елементів (метод переміщень, метод зусиль та змішаний). Формулювання принципу можливих переміщень в методі скінчених елементів. Основне рівняння методу скінчених елементів на основі принципу можливих переміщень. Поняття о матриці жорсткості скінченого елемента. Апроксимація поля переміщень елемента. Особливості вибору апроксимуючих функцій. Система розв'язуючих рівнянь методу скінчених елементів. Оцінка точності і погрішності обчислення при аналізі конструкцій за допомогою методу скінчених елементів.

Тема 5. Побудова матриці жорсткості одномірного елемента типу балки. Основи створення моделей скінчених елементів. Етапи аналізу конструкцій за допомогою методу скінчених елементів. Побудова матриці жорсткості одномірного елемента типу балки довжиною L за допомогою основного рівняння методу скінчених елементів. Матриці жорсткості одномірних елементів типу балки довжиною L/n .

Тема 6. Застосування методу скінчених елементів для розрахунку одномірних систем. Визначення переміщень і зусиль в шарнірно-опертої балці МСЕ з використанням одного скінченого елемента. Шляхи підвищення точності розрахунку конструкцій МСЕ (збільшення кількості скінчених елементів, використання скінчених елементів вищого порядку).

Тема 7. Побудова матриць жорсткості двомірних скінчених елементів. Апроксимація вектора переміщень для прямокутного скінченого елемента. Побудова матриці функцій форми. Визначення коефіцієнтів матриці жорсткості прямокутного елемента при плоскому напружено-деформованому стані. Особливості апроксимації поля переміщень для прямокутного елемента при дії поперечного навантаження. Визначення координатних функцій.

Побудова матриці жорсткості для прямокутного скінченного елемента типу пластини при поперечному згині.

Модульний контроль №2

Модуль 2. Основні можливості MSC.PATRAN/NASTRAN.

Змістовий модуль 3. Базові інструменти MSC.PATRAN/NASTRAN.

Тема 8. Введення в MSC.PATRAN/NASTRAN. Побудова геометричних моделей. Сучасний ринок і функціональні можливості CAD/CAM/CAE систем. Системи підтримки інженерного аналізу (Computer Aided Engineering). Елементи інтерфейсу MSC.PATRAN. Основні процедури та операції, що застосовуються при побудові геометричної моделі. Панель інструментів Geometry. Типові команди побудови точок, ліній, кривих, поверхонь.

Тема 9. Створення сітки скінчених елементів. Основні процедури та операції, що застосовуються при побудові скінченно-елементної моделі. Загальна характеристика основних типів скінчених елементів, які використовуються при розрахунку на міцність та стійкість авіаційних конструкцій. Двовірні скінчені елементи вищого порядку. Типи елементів, що застосовуються для моделювання композитних конструкцій. Панель інструментів Meshing. Особливості створення сітки скінчених елементів інструментами Isomesh, Paver та Hybrid.

Тема 10. Граничні умови та зовнішні навантаження. Особливості моделювання граничних умов та навантаження на елементи авіаційних конструкцій. Панель інструментів Load/BC. Моделювання зосереджених та розподілених сил, рівномірно та нерівномірно розподілених зусиль. Створення та редагування розрахункових випадків.

Тема 11. Типи аналізу. Відображення результатів розрахунку. Типи задач та їх особливості. Проведення лінійного статичного розрахунку та розрахунку на стійкість. Формулювання задач та підготовка bdf-файлів для розрахунку в MSC. NASTRAN. Типи файлів, які генеруються під час виконання розрахунків. Можливі помилки при виконанні розрахунків та їх усунення. Особливості файлів результатів xdb та op2. Базовий набір результатів при виконанні лінійного статичного розрахунку та розрахунку на стійкість. Розширення набору результатів (розширення вихідних параметрів напружено-деформованого стану). Інтерпретація результатів розрахунку на міцність та стійкість авіаційних конструкцій.

Тема 12. Розрахунок елементів конструкцій в MSC.PATRAN/NASTRAN. Проведення лінійного статичного розрахунку та розрахунку на стійкість базових елементів авіаційних конструкцій, у тому числі з композиційних матеріалів.

Модульний контроль №3

Модуль 3. Рішення задач динаміки засобами MSC.PATRAN/NASTRAN.

Змістовий модуль 4. Розширені функції MSC.PATRAN/NASTRAN.

Тема 13. Застосування модуля Laminate Modeler для моделювання та розрахунку на міцність композитних конструкцій. Основні можливості модуля Laminate Modeler. Сучасний для візуалізації результатів розрахунку на міцність елементів композитних конструкцій. Обчислення критеріїв міцності, запасів міцності, критичних компонент напруженого стану та ін. Типи критеріїв міцності, що використовуються при аналізі конструкцій в пакеті MSC.PATRAN/NASTRAN.

Тема 14. Моделювання спеціальних умов взаємодії вузлів та скінчених елементів. Створення особливих умов взаємодії вузлів скінчених елементів. Спеціальні зв'язки між вузлами та їх типи (MPC). Область застосування MPC за типами: RROD, RBE2, RBE3 та ін.

Тема 15. Моделювання умов контакту. Створення контактних умов взаємодії скінчених елементів. Типи контактів. Створення таблиці контактів при розрахунку скінченно-елементних моделей. Опис параметрів контактної взаємодії елементів. Результати та їх інтерпретація при рішенні контактних завдань.

Тема 16. Додаткові інструменти MSC.PATRAN для створення скінченно-елементних моделей конструкцій. Панель інструментів Utilities. Допоміжні інструменти

для відображення моделей, побудови геометрії об'єктів, створення і редагування сітки скінчених елементів, спеціальних зв'язків між вузлами та ін.

Модульний контроль №1

Змістовий модуль 5. Основи нелінійного аналізу конструкцій.

Тема 17. Методи нелінійного аналізу конструкцій. Види нелінійностей в задачах розрахунку конструкцій. Фізична, геометрична та конструктивна нелінійність і їх комбінацій. Механізми виникнення нелінійностей в процесі деформування конструкцій. Моделювання властивостей матеріалів в лінійної та нелінійної областях. Знаходження рішення нелінійної задачі на основі метода Ньютона – Рафсона.

Тема 18. Рішення нелінійних задач у MSC.PATRAN/NASTRAN. Приклад виконання нелінійного статичного аналізу закритичної поведінки композитної панелі.

Модульний контроль №2

Змістовий модуль 6. Основи динамічного аналізу конструкцій.

Тема 19. Рівняння руху динамічних систем. Рівняння рівноваги, що описує динаміку руху системи. Поняття о вільних та вимушених коливаннях систем. Власна частота коливань, період коливань, форми власних коливань. Особливості вибору системи одиниць при рішенні задач динаміки.

Тема 20. Демпфування. Загальні відомості о демпфуванні. Критичне демпфування. В'язке та структурне (конструкційне) демпфування. Взаємозв'язок в'язкого та структурного демпфування. Коефіцієнти структурного демпфування та динамічного посилення. Опис параметрів демпфування при розв'язанні задач динаміки засобами MSC.PATRAN.

Тема 21. Аналіз власних частот та форм коливань конструкцій. Необхідність розрахунку власних частот та форм коливань. Поняття ефективних модальних мас. Енергія деформації елементів як інструмент діагностики жорсткості елементів і зсування частоти тієї чи іншої форми коливань.

Тема 22. Введення в теорію вібрацій. Що таке вібрація? Поняття, що використовуються при описі та характеризуванні вібрацій: амплітуда, розмах, середньо-квадратичне значення. Величини зміщення, швидкості і прискорення та їх взаємозв'язок. Поняття механічного резонансу.

Тема 23. Аналіз перехідних процесів. Приклади перехідних процесів. Моделювання навантажень, що змінюються за часом. Особливості прямого (direct) і модального (modal) чисельних методів рішення задач динаміки. Рекомендації щодо вибору кроку інтегрування за часом. Приклад виконання аналізу перехідного динамічного процесу. Оформлення та інтерпретування результатів аналізу.

Тема 24. Частотний аналіз конструкцій. Призначення частотного аналізу при розрахунках конструкцій. Особливості моделювання навантажень для частотного аналізу відклику конструкцій. Приклад виконання аналізу динамічного відклику конструкції на усталене коливне збудження. Оформлення та інтерпретування результатів аналізу.

Модульний контроль №3

4. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин				
	усього	у тому числі			
		л	п	лаб	с.р.
Модуль 1. Вступ у метод скінчених елементів					
Змістовий модуль 1. Варіаційні методи					
Тема 1. Основні рівняння лінійної теорії пружності	5	2	–	–	3
Тема 2. Варіаційні принципи механіки деформованого твердого тіла. Варіаційні методи	6	4	–	–	2
Тема 3. Приклади рішення задач будівельної механіки варіаційним методом Релея – Рітца	6	2	2	–	2
Модульний контроль №1	4	–	2	–	2
Разом за змістовим модулем 1	21	8	4	0	9
Змістовий модуль 2. Вступ у метод скінчених елементів					
Тема 4. Теоретичні основи методу скінчених елементів	6	2	–	–	4
Тема 5. Побудова матриці жорсткості одномірного елемента типу балки	4	2	–	–	2
Тема 6. Застосування методу скінчених елементів для розрахунку одномірних систем	10	4	2	–	4
Тема 7. Побудова матриць жорсткості двомірних скінчених елементів	8	4	–	–	4
Модульний контроль №2	6	–	2	–	4
Разом за змістовим модулем 2	34	12	4	0	18
Модуль 2. Основні можливості MSC.PATRAN/NASTRAN					
Змістовий модуль 3. Основні інструменти MSC.PATRAN/NASTRAN					
Тема 8. Введення в MSC.PATRAN/NASTRAN. Побудова геометричних моделей	8	2	2	–	4
Тема 9. Створення сітки скінчених елементів	8	2	2	–	4
Тема 10. Граничні умови та зовнішні навантаження	10	4	2	–	4
Тема 11. Типи аналізу. Відображення результатів розрахунку	10	4	2	–	4
Тема 12. Розрахунок елементів конструкцій в MSC.PATRAN/NASTRAN	38	–	14	–	24
Модульний контроль №3	6	–	2	–	4
Разом за змістовим модулем 3	80	12	24	0	44
Усього за 7-й семестр	135	32	32	–	71

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин				
	усього	у тому числі			
		л	п	лаб	с.р.
Модуль 3. Рішення задач динаміки засобами MSC.PATRAN/NASTRAN					
Змістовий модуль 4. Розширені функції MSC.PATRAN/NASTRAN					
Тема 13. Застосування модуля Laminate Modeler для моделювання та розрахунку на міцність композитних конструкцій	8	2	2	–	4
Тема 14. Моделювання спеціальних умов взаємодії вузлів та скінчених елементів	12	2	4	–	6
Тема 15. Моделювання умов контакту	8	2	2	–	4
Тема 16. Додаткові інструменти MSC.PATRAN для створення скінчено-елементних моделей конструкцій	8	2	2	–	4
Модульний контроль №1	6	–	2	–	4
Разом за змістовим модулем 4	42	8	12	0	22
Змістовий модуль 5. Основи нелінійного аналізу конструкцій					
Тема 17. Методи нелінійного аналізу конструкцій	6	2	–	–	4
Тема 18. Рішення нелінійних задач у MSC.PATRAN/NASTRAN	12	2	2	–	4
Модульний контроль №2	6	–	2	–	4
Разом за змістовим модулем 5	24	4	4	0	12
Змістовий модуль 6. Основи динамічного аналізу конструкцій					
Тема 19. Рівняння руху динамічних систем	6	2	–	–	2
Тема 20. Демпфування	6	2	–	–	2
Тема 21. Аналіз власних частот та форм коливань конструкцій	10	2	2	–	4
Тема 22. Введення в теорію вібрацій	6	2	–	–	4
Тема 23. Аналіз перехідних процесів	10	2	2	–	4
Тема 24. Частотний аналіз конструкцій	10	2	2	–	4
Модульний контроль №3	6	–	2	–	18
Разом за змістовим модулем 6	54	12	8	0	24
Усього за 8-й семестр	120	24	24	0	72
Разом з дисципліни	255	56	56	0	143

5. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Тема 3. Розрахунок статично визначених балок методом Релея – Ритца	2
2	Модульний контроль №1. Вибір апроксимуючої функції та запис варіаційного функціоналу для розрахунку балок методом Релея – Ритца	2
3	Тема 6. Рішення задачі о поперечному згині балки МСЕ з використанням одного скінченного елемента	2
4	Модульний контроль №2. Побудова матриці жорсткості для прямокутних та трикутних двовимірних елементів із ортотропних матеріалів	2

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
5	Тема 8. Побудова одновимірних та двовимірних геометричних моделей	2
6	Тема 9. Побудова сітки скінчених елементів на основі одновимірних та двовимірних геометричних моделей	2
7	Тема 10. Накладення граничних умов та зовнішніх навантажень на основі геометричних та скінчено-елементних примітивів	2
8	Тема 11. Виконання статичного аналізу рами та побудова епюр силових факторів, напружень та переміщень	2
9	Тема 12. Статичний розрахунок балки на основі одновимірної геометричної моделі при декількох розрахункових випадках	2
10	Тема 12. Статичний розрахунок та аналіз стійкості гладкої панелі із композиційного матеріалу	2
11	Тема 12. Статичний розрахунок та аналіз стійкості композитної панелі з заповнювачем	2
12	Тема 12. Статичний розрахунок та аналіз стійкості панелі з отвором із композиційного матеріалу	2
13	Тема 12. Статичний розрахунок та аналіз стійкості композитної балки на основі двовимірної геометричної моделі при декількох розрахункових випадках	3
14	Тема 12. Статичний розрахунок та аналіз стійкості композитної підкріпленої панелі	3
15	Модульний контроль №3. Аналіз міцності та стійкості конструкцій у програмному пакеті MSC.PATRAN/NASTRAN	2
Усього за 7-й семестр		32
1	Тема 13. Аналіз міцності композитної панелі за різними критеріями ²	2
2	Тема 14. Статичний розрахунок та аналіз стійкості форменої конструкції	2
3	Тема 14. Статичний розрахунок та аналіз стійкості композитної балки з підкосом	2
4	Тема 15. Статичний розрахунок одноболтового з'єднання композитної та металевої деталей	2
5	Тема 16. Статичний розрахунок спрощеної моделі багаторядного болтового з'єднання	2
6	Модульний контроль №1. Аналіз міцності та стійкості композитної оболонки обертання	2
7	Тема 18. Нелінійний статичний аналіз закритичної поведінки композитної панелі	2
8	Модульний контроль №2. Нелінійний статичний аналіз балки	2
9	Тема 21. Аналіз власних частот композитної оболонки	2
10	Тема 23. Аналіз напружено-деформованого стану композитної балки при ударному впливі	2
11	Тема 24. Аналіз амплітудно-частотних характеристик композитної балки при впливі синусоїдальної вібрації	2
12	Модульний контроль №3. Розрахункова робота «Динамічний аналіз композитної балки»	2
Усього за 8-й семестр		24
Разом з дисципліни		56

6. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	2	3
1	Тема 1. Запис матриці жорсткості ізотропних, ортотропних і анізотропних матеріалів	3
2	Тема 2. Варіаційні методи рішення задач будівельної механіки. Принцип Бубнова – Галеркіна	2
3	Тема 3. Рішення задач будівельної механіки варіаційним методом Релея – Рітца	2
4	Підготовка до модульного контролю №1	2
5	Тема 4. Теоретичні основи методу скінчених елементів	4
6	Тема 5. Побудова матриці жорсткості одномірного елемента типу стержня	2
7	Тема 6. Розрахунок балки МСЕ з застосуванням двох 2-хвузлових скінчених елементів. Розрахунок балки МСЕ з застосуванням одного 3-хвузлового скінченого елемента	4
8	Тема 7. Побудова матриць жорсткості двовірних трикутних скінчених елементів	4
9	Підготовка до модульного контролю №2	4
10	Тема 8. Основна структура програмного середовища MSC.PATRAN/ NASTRAN	4
11	Тема 9. Створення сітки скінчених елементів	4
12	Тема 10. Граничні умови та зовнішні навантаження	4
13	Тема 11. Типи аналізу. Відображення результатів розрахунку	4
14	Тема 12. Розрахунок елементів конструкцій в MSC.PATRAN/NASTRAN	24
15	Підготовка до модульного контролю №3	4
Усього за 7-й семестр		71
1	Тема 13. Особливості моделювання та розрахунку на міцність композитних конструкцій	4
2	Тема 14. Моделювання спеціальних умов взаємодії вузлів та скінчених елементів	6
3	Тема 15. Моделювання умов контакту	4
4	Тема 16. Додаткові інструменти для створення скінчено-елементних моделей конструкцій	4
5	Підготовка до модульного контролю №1	4
6	Тема 17. Методи нелінійного аналізу конструкцій	4
7	Тема 18. Рішення нелінійних задач у MSC.PATRAN/NASTRAN	4
8	Підготовка до модульного контролю №2	4
9	Тема 19. Рівняння руху динамічних систем	2
10	Тема 20. Демпфування	2
11	Тема 21. Аналіз власних частот та форм коливань конструкцій	4
12	Тема 22. Введення в теорію вібрацій	4
13	Тема 23. Аналіз перехідних процесів	4
14	Тема 24. Частотний аналіз конструкцій	4
15	Виконання розрахункової роботи «Динамічний аналіз композитної балки»	18
Усього за 8-й семестр		72
Разом з дисципліни		143

7. Методи навчання

Проведення лекцій та практичних занять, індивідуальні консультації (при необхідності), самостійна робота студентів за матеріалами, опублікованими кафедрою (методичні посібники, конспекти лекцій, практикум для виконання практичних занять).

8. Методи контролю

Проведення поточного контролю на лекціях та практичних заняттях, письмового модульного контролю, що виконується під час аудиторних занять, перевірка розрахункової роботи, семестровий контроль у вигляді іспиту.

9. Критерії оцінювання та розподіл балів, які отримують студенти

Кількісні критерії оцінювання (розподіл балів)

Складові навчальної роботи	Бали за одне заняття (завдання)		Кількість занять (завдань)	Сумарна кількість балів	
	min	max		min	max
Змістовний модуль 1					
Модульний контроль №1	12	20	1	12	20
Практичні роботи	3	5	1	3	5
Всього за змістовим модулем				15	25
Змістовний модуль 2					
Модульний контроль №2	12	20	1	12	20
Практичні роботи	3	5	1	3	5
Всього за змістовим модулем				15	25
Змістовний модуль 3					
Модульний контроль №3	12	20	1	12	20
Практичні роботи	3	5	6	18	30
Всього за змістовим модулем				30	50
Всього за 7-й семестр				60	100
Змістовний модуль 1					
Модульний контроль №1	6	10	1	6	10
Практичні роботи	6	10	4	24	40
Всього за змістовим модулем				30	50
Змістовний модуль 2					
Модульний контроль №2	6	10	1	6	10
Всього за змістовим модулем				6	10
Змістовний модуль 3					
Модульний контроль №3	6	10	1	6	10
Практичні роботи	6	10	3	18	30
Всього за змістовим модулем				24	40
Всього за 8-й семестр				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. Іспит проводиться у вигляді тестування на ЕОМ. Комплекс контрольних завдань складається з 25 питань за наведеними вище темами. Максимальна кількість балів за кожну правильну відповідь на питання тестового завдання – 4 бали.

Якісні критерії оцінювання (необхідний обсяг знань і вмінь)

Необхідний обсяг знань для одержання позитивної оцінки:

- основні рівняння лінійної теорії пружності, що використовуються при розв'язуванні інженерних задач;
 - основні варіаційні методи для розрахунку напружено-деформованого стану конструкцій;
 - суть та ідею метода скінчених елементів;
 - основні етапи аналізу конструкцій за допомогою методу скінчених елементів;
 - особливості застосування методу скінчених елементів для аналізу конструкції із композиційних матеріалів;
 - особливості вибору та використання критерію міцності;
 - переваги та недоліки використання методу скінчених елементів.
- Необхідний обсяг вмінь для одержання позитивної оцінки:
- раціонально вибирати на ринку програмних продуктів пакет інженерного аналізу відповідно до своїх потреб;
 - моделювати у системі MSC.Patran/Nastran конструкції різного ступеня складності;
 - визначати у системі MSC.Patran/Nastran компоненти напружено-деформованого стану елементів конструкцій з композитів при зовнішньому силовому та термічному навантаженні;
 - визначати у системі MSC.Patran/Nastran критичні зусилля втрати стійкості елементів конструкцій;
 - інтерпретувати та аналізувати результати розрахунку елементів конструкції у пакеті MSC.Patran/Nastran.

Критерії оцінювання роботи студента

Задовільно (60...74). Показати мінімум знань та вмінь. Здати всі модульні завдання. Вміти самостійно обирати типи скінчених елементів для розрахунку базових елементів авіаційної та ракетно-космічної техніки із КМ. Вільно орієнтуватися та застосовувати інструменти накладання граничних умов та зовнішніх навантажень в залежності від реальних умов експлуатації конструкцій.

Добре (75...89). Твердо знати мінімум, здати всі модульні завдання та додаткову поза аудиторну самостійну роботу. Розв'язувати прикладні інженерні задачі з розрахунку елементів авіаційної та ракетно-космічної техніки із КМ, вміти інтерпретувати результати розрахунків.

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.

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 лабораторних робіт [Електронний ресурс].
2. Кириченко В.В. Компьютерные технологии проектирования с использованием МКЭ: Лабораторный практикум. – Харьков: Нац. аэрокосм. ун-т “ХАИ”, 2006. – 135 с.

11. Рекомендована література

Базова

1. Усюкин В.И. Строительная механика конструкций космической техники: Учебник для студентов вузов. – М.: Машиностроение, 1988. – 392 с.
2. Зенкевич О. Метод конечных элементов в технике/ Перевод с англ. под ред. Б.Е. Победри. – М.: Мир, 1975. – 542 с.
3. Строительная механика летательных аппаратов: Учебник для авиац. спец-тей вузов/ Образцов И.Ф., Булычев Л.А., Васильев В.В. и др. – М.: Машиностроение, 1986. – 536 с.
4. Метод конечных элементов в механике твердых тел/ Под общ. ред. А.С. Сахарова и И. Альтенбаха. – Киев: Вища школа, 1982. – 480 с.
5. Еременко С.Ю. Метод конечных элементов в механике деформируемых тел. – Харьков: Основа, 1991. – 272 с.

Допоміжна

1. Метод конечных элементов: Учеб. пособие/ П.М. Варвак, И.М. Бузун, А.С. Городецкий и др. Под ред. П.М. Варвака. – Киев: Вища школа, 1981. – 173 с.
2. Кириченко В.В. Компьютерные технологии проектирования с использованием МКЭ: Конспект лекций. – Харьков: Нац. аэрокосм. ун-т “ХАИ”, 2006. – 135 с.

12. Інформаційні ресурси

Сайт кафедри: k403.khai.edu