

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

Кафедра композитних конструкцій та авіаційного матеріалознавства (№ 403)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Гарант освітньої програми

_____ М. А. Шевцова

« 28 » _____ 08 _____ 2021 р.

**РОБОЧА ПРОГРАМА ВИБІРКОВОЇ
НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

РОЗРАХУНОК і ПРОЕКТУВАННЯ З'ЄДНАНЬ 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 конструкцій із
(найменування освітньої програми)
композиційних матеріалів

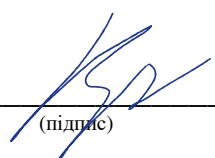
Форма навчання: денна

Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)

Харків 2021 рік

Розробник: Кривенда С.П., доцент каф. №403, к.т.н.

(прізвище та ініціали, посада, науковий ступінь і вчене звання)


(підпис)

Робочу програму розглянуто на засіданні кафедри композитних конструкцій та авіаційного матеріалознавства (№403)

Протокол № 1 від 28.08.2021 р.

Завідувач кафедри, к.т.н., професор


(підпис)

М. А. Шевцова

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показника	Галузь знань, спеціальність, освітня програма, рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни (денна форма навчання)
Кількість кредитів – 4	Галузь знань <u>13 «Механічна інженерія»</u> (шифр і найменування) Спеціальність <u>134 «Авіаційна і ракетно-космічна техніка»</u> (код і найменування) Освітня програма <u>Проектування та виробництво конструкцій із композиційних матеріалів</u> (найменування) Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)	Цикл професійної підготовки за вільним вибором студента
Кількість модулів – 1		Навчальний рік
Кількість змістовних модулів – 4		2021/2022
Індивідуальне завдання <u>РР</u> (назва)		Семестр
Загальна кількість годин – 60*/ 120		<u>8</u> -й
Кількість тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 5 самостійної роботи студента – 5		Лекції*
		<u>24</u> годин
		Практичні, семінарські*
		<u>12</u> годин
		Лабораторні*
	<u>24</u> годин	
	Самостійна робота	
	<u>60</u> годин	
	Вид контролю	модульний контроль, іспит

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної роботи становить: 60/60.

*Аудиторне навантаження може бути зменшене або збільшене на одну годину залежно від розкладу занять.

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета: полягає у вивченні локальних особливостей, що проявляє композит в місцях конструктивної неоднорідності, з метою коректного підбору способу з'єднання та проектування відповідних стиків.

Завдання: полягає у вивченні особливостей, що проявляє композит в перехідних зонах різного характеру, та використання їх у специфічних з'єднаннях, що дасть змогу максимально використати локальний характер навантаження матеріалу.

Компетенції, які набуваються:

- здатність підбирати модель, та адаптувати її для розрахунку параметрів поведінки композиту в місцях конструктивної неоднорідності;
- здатність проектувати композитні елементи за структурою та геометрією в місцях конструктивної неоднорідності.

Результати навчання: у результаті засвоєння матеріалу дисципліни студенти повинні:

- знати:
 - особливості поведінки композиту в місцях з'єднання;
 - аналітичну модель клейового з'єднання;
 - методику розрахунку з'єднання із змінними параметрами вздовж стику;
- вміти:
 - розраховувати клейове з'єднання з постійними параметрами;
 - розраховувати багаторядне механічне з'єднання;
 - враховувати вплив моменту у площині стику на навантаження клейового та механічного з'єднання;
 - оцінювати податливість та несучу спроможність комбінованого силового зв'язку довільної структури;
- мати уявлення:
 - критерії оптимізації структури з'єднань;
 - моделювання конструктивних неоднорідностей як сукупність з'єднань.

Пререквізити – «Інженерні основи авіаційної та ракетно-космічної техніки», «Інженерна та комп'ютерна графіка», «Взаємозамінність та стандартизація», «Деталі машин та основи конструювання», «Механіка матеріалів та конструкцій», «Конструювання і проектування виробів з композитів».

Кореквізити – «Механіка конструкцій з композитів», «Технологія виробництва виробів з композитів», «Конструювання і проектування виробів з композитів (курсовий проект)», дипломний проект бакалавра.

3. Програма навчальної дисципліни

Змістовний модуль 1. Постановка задачі проектування з'єднання.

Тема 1. З'єднання деталей із КМ. Особливості поведінки КМ в зоні з'єднання.

Тема 2. Класифікація з'єднань.

Тема 3. Критерії оцінки якості з'єднання.

Тема 4. Принципи проектування з'єднання.

Модульний контроль

Змістовний модуль 2. Розрахунок механічного з'єднання композитних деталей.

Тема 1. Система умовних розрахунків механічного з'єднання. Особливості використання системи для композитних деталей.

Тема 2. Порядок проектувального розрахунку механічного з'єднання.

Тема 3. Розрахунок механічного з'єднання з урахуванням ексцентриситету навантаження. Проектування опорної пластини вузла навіски та стійки-балки.

Модульний контроль

Змістовний модуль 3. Розрахунок адгезійного з'єднання з постійними параметрами.

Тема 1. Методика розрахунку напружень в елементах адгезійного з'єднання з постійними параметрами при осьовому навантаженні з урахуванням температури.

Тема 2. . Моделі з'єднувального шару та області їх використання.

Тема 3. Використання моделі адгезійного з'єднання в місцях механічного з'єднання, спеціалізованого багатозрізного з'єднання та ступінчатого характеру полки.

Модульний контроль

Змістовний модуль 4. Розрахунок з'єднання з довільною структурою вздовж стику.

Тема 1. Розрахункова схема з'єднання із змінними параметрами вздовж стику. Припущення та обмеження.

Тема 2. Оцінка податливості з'єднаних деталей та комбінованих з'єднувальних зв'язків (чистих адгезійних, механічних, комбінованих механічних, клеє-механічних).

Тема 3. Оцінка несучої здатності комбінованого механічного та клеє-механічного силового зв'язку.

Тема 4. Використання електричної аналогії для розрахунку багаторядного з'єднання із змінними параметрами.

Тема 5. Моделювання поведінки ряду силових зв'язків (комбінованого типу) з використанням електричної аналогії.

Модульний контроль

4. Структура навчальної дисципліни

Назва змістовного модуля і тем	Кількість годин				
	Усього	У тому числі			
		л	п	лаб.	с. р.
1	2	3	4	5	6
Модуль 1					
Змістовний модуль 1. Постановка задачі проектування з'єднання					
Тема 1. З'єднання деталей із КМ. Особливості поведінки КМ в зоні з'єднання	7	1	2		4
Тема 2. Класифікація з'єднань	1	1			
Тема 3. Критерії оцінки якості з'єднання	7	1	2	4	
Тема 4. Принципи проектування з'єднання	9	1			8
Модульний контроль					
Разом за змістовним модулем 1	24	4	4	4	12
Змістовний модуль 2. Розрахунок механічного з'єднання композитних деталей					
Тема 1. Система умовних розрахунків механічного з'єднання. Особливості використання системи для композитних деталей	12	2	2	4	4
Тема 2. Порядок проектувального розрахунку механічного з'єднання	7	1	2	4	
Тема 3. Розрахунок механічного з'єднання з урахуванням ексцентриситету навантаження. Проектування опорної пластини вузла навіски та стійки-балки	10	2			8
Модульний контроль					
Разом за змістовним модулем 2	29	5	4	8	12
Змістовний модуль 3. Розрахунок адгезійного з'єднання з постійними параметрами					
Тема 1. Методика розрахунку напружень в елементах адгезійного з'єднання з постійними параметрами при осьовому навантаженні з урахуванням температури	12	2		4	6
Тема 2. Моделі з'єднувального шару та області їх використання	6	1			5
Тема 3. Використання моделі адгезійного з'єднання в місцях механічного з'єднання, спеціалізованого багатозрізного з'єднання та ступінчатого характеру полки	6	2		4	
Модульний контроль					
Разом за змістовним модулем 3	24	5		8	11

Змістовний модуль 4. Розрахунок з'єднання з довільною структурою вздовж стику					
Тема 1. Розрахункова схема з'єднання із змінними параметрами вздовж стику. Припущення та обмеження.	10	2			8
Тема 2. Оцінка податливості з'єднаних деталей та комбінованих з'єднувальних зв'язків (чистих адгезійних, механічних, комбінованих механічних, клеє-механічних).	11	2	2		7
Тема 3. Оцінка несучої здатності комбінованого механічного та клеє-механічного силового зв'язку.	12	2			10
Тема 4. Використання електричної аналогії для розрахунку багаторядного з'єднання із змінними параметрами.	4	2	2		
Тема 5. Моделювання поведінки ряду силових зв'язків (комбінованого типу) з використанням електричної аналогії.	6	2		4	
Модульний контроль					
Разом за змістовним модулем 4	43	10	4	4	25
Усього годин	120	24	12	24	60

5. Теми семінарських занять

№ п/п	Назва теми	Кількість годин
1		
2		
	Разом	

6. Теми практичних занять

№ п/п	Назва теми	Кількість годин
1	Поведінка композиту в зоні силової точки	2
2	Оцінка якості з'єднання за критерієм початкової несучої здатності	2
3	Обґрунтування та обмеження використання традиційної системи умовних розрахунків	2
4	Проектувальний розрахунок багаторядного з'єднання	2
5	Несуча здатність комбінованого силового зв'язку	2
6	Використання електричної аналогії для розрахунку з'єднання довільної структури	2
	Разом	12

7. Теми лабораторних занять

№ п/п	Назва теми	Кількість годин
1	Вплив структури пакету на несучу здатність силовій точки	4
2	Вплив температурного поля на несучу здатність механічного з'єднання	4
3	Вплив температурного поля на несучу здатність адгезійного з'єднання	4
4	Порівняльне дослідження несучої здатності з'єднання композитного стержня і стакану	4
5	Оцінка припустимої величини шаблі полки за умовою недопущення розшарування	4
6	Оцінка податливості комбінованого силового зв'язку за електричною аналогією	4
	Разом	24

8. Самостійна робота

№ п/п	Назва теми	Кількість годин
1	Локальне збурення силового потоку в зоні механічної силовій точки та корегування структури	4
2	Проблема забезпечення базування та технологічності утворення з'єднання композитної деталі	8
3	Особливості передачі навантаження у односпрямованого матеріалу	4
4	Особливості розрахування з'єднання композитної стілки балки з накладками	8
5	Урахування діапазону зміни температури при проектуванні клейового з'єднання	6
6	Параметри, що обмежують використання моделі Фолькерсена	5
7	Побудова розрахункової схеми для прогнозування напруженого стану елементів довільного з'єднання	8
8	Проектування з'єднання з підвищеною живучістю для експлуатації за станом	7
9	Особливості використання електричної аналогії з'єднання для оцінки параметрів його компонентів та несучої здатності	10
	Разом	60

9. Індивідуальні завдання

Розрахункова робота «Проектування стикувальних вузлів композитної балки»

10. Методи навчання

Очні лекційні та практичні заняття.

11. Методи контролю

Поточний контроль модульний, по одному питанню за модуль (письмово-усний). Усього за курс три модулі. За результатами модульного контролю вираховують середнє арифметичне значення. Якщо загальний результат модульного контролю незадовільний (менше 60 балів), то студенту зараховується заборгованість за курс, яку треба погасити під час іспиту. Якщо студента не влаштовує отримана кількість балів, то він може спробувати отримати більше під час іспиту. Для підвищення результатів допускається одна спроба (у разі невдалої спроби як остаточний фіксується результат модульного контролю).

Остаточний контроль – іспит (письмово-усний).

12. Критерії оцінювання та розподіл балів, які отримують студенти

12.1. Розподіл балів, які отримують студенти (кількісні критерії оцінювання)

Складові навчальної роботи	Бали за одне заняття (завдання)	Кількість занять (завдань)	Сумарна кількість балів*
Змістовний модуль 1			
Робота на лекціях	0...1	2	0...2
Виконання лабораторних робіт	0...2	2	0...4
Робота на практичних заняттях	0...1	2	0...2
Модульний контроль	0...100	1	0...100
Змістовний модуль 2			
Робота на лекціях	0...1	2	0...2
Виконання лабораторних робіт	0...2	4	0...8
Робота на практичних заняттях	0...1	2	0...2
Модульний контроль	0...100	1	0...100
Змістовний модуль 3			
Робота на лекціях	0...1	3	0...3
Виконання лабораторних робіт	0...2	4	0...8
Модульний контроль	0...100	1	0...100
Змістовний модуль 4			
Робота на лекціях	0...1	5	0...5
Виконання лабораторних робіт	0...2	2	0...4
Робота на практичних заняттях	0...1	2	0...2
Модульний контроль	0...100	1	0...100
Виконання і захист РР	0...2	1	0...2
Усього за семестр**			0...100

* – для допуску до контролю необхідно набрати максимальні поточні бали за лабораторні роботи та РР; поточні бали за лекційні заняття та практику можуть складати 70% від максимального значення;

** – підсумкові бали за семестр розраховані як середнє арифметичне результатів модульного контролю змістовних модулів.

Семестровий контроль (іспит/залік) проводиться у разі незадоволення студента балами поточного тестування й за наявності допуску до іспиту/заліку. Білет для іспиту/заліку складається з чотирьох теоретичних питань. Кожне питання оцінюється за 100 бальною системою. Оцінка за іспит визначається за середнім арифметичним значенням.

Остаточна оцінка за курс обирається за максимальним результатом підсумку модульного контролю та іспиту (у конкурсі балів використовується підсумковий бал модульного контролю).

12.2. Якісні критерії оцінювання

Для одержання позитивної оцінки необхідно знати:

- особливості поведінки композиту в місцях конструктивної неоднорідності конструкції та з'єднаннях;
- класифікації з'єднань за технологічною, експлуатаційною та іншими ознаками;
- критерії оцінки якості з'єднання;
- основні принципи проектування з'єднання;
- систему умовних розрахунків силової точки;
- порядок розрахунку механічного з'єднання;
- як враховувати ексцентриситет навантаження з'єднання;
- розрахункову схему для оцінки напруженого стану адгезійного з'єднання з постійними параметрами;
- моделі з'єднувального шару та області їх використання;
- розрахункові схеми з'єднання на основі сіткового методу сил;
- методи оцінки несучої здатності комбінованих силових зв'язків;
- електричну аналогію багаторядного з'єднання та його елементів.

Для одержання позитивної оцінки необхідно вміти:

- розраховувати несучу здатність силової точки;
- коректувати зусилля зминання для силової точки;
- проектувати з'єднання композитної полки з вузлом навіски;
- проектувати з'єднання композитної стінки з вузлом навіски;
- розраховувати клейові з'єднання з різними варіантами навантаження;
- розраховувати напружений стан в районі ступінчатої зміни товщини композитної полки;
- оцінювати податливість комбінованих силових точок;
- оцінювати несучу здатність комбінованого силового зв'язку;
- використовувати електричну аналогію моделі для розрахунку стану елементів з'єднання.

12.3 Критерії оцінювання роботи студента протягом семестру

Задовільно (60-74). Мати мінімум знань та умінь. Володіти розрахунковими схемами для оцінки напруженого стану клейового, механічного та комбінованого з'єднання. Але слабо розумітися на відповідності моделей реальним об'єктам.

Добре (75 - 89). Твердо знати мінімум знань. Володіти розрахунковими схемами для оцінки напруженого стану клейового, механічного та комбінованого з'єднання. Вміти виконувати базові розрахунки елементів з'єднання. Знати правила Кірхгофа для формування аналогу з'єднання, але мати труднощі з аналізом отриманих результатів.

Відмінно (90 - 100). Повно знати основний та додатковий матеріал. Володіти розрахунковими схемами для оцінки напруженого стану клейового, механічного та комбінованого з'єднання. Вміти виконувати базові розрахунки елементів з'єднання. Знати правила Кірхгофа для формування аналогу з'єднання. Вміти використовувати розрахункові схеми для моделювання реальних об'єктів. Вміти аналізувати отриманий результат, область використання моделі та напрямки вирішення проблем.

Шкала оцінювання: бальна і традиційна

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

13. Методичне забезпечення

Вказати електронний ресурс, на якому розміщено навчально-методичний комплекс дисципліни, який включає в себе:

Обов'язкові складові:

- робоча програма дисципліни;
 - конспект лекцій, підручники (навчальні посібники), в тому числі в електронному вигляді, які за змістом повністю відповідають робочій програмі дисципліни;
 - методичні вказівки та рекомендації для виконання курсових робіт та проектів, розрахункових та розрахунково-графічних робіт, лабораторних та практичних робіт, а також рекомендації для самостійної підготовки;
 - тематики індивідуальних завдань;
 - приклади розв'язування типових задач чи виконання типових завдань;
 - питання, тести для контрольних заходів;
 - каталоги інформаційних ресурсів;
- Додаткові складові НМКД (за необхідністю):
- збірники ситуативних завдань (кейсів);
 - комп'ютерні презентації;
 - ілюстративні матеріали (плакати, таблиці тощо).

14. Рекомендована література

Базова

1. Карпов Я.С., Кривенда С.П., Рябков В.И. Проектирование и конструирование соединений деталей из композиционных материалов / Учеб. пособие по курсовому и дипломному проектированию. - Х: Харьк. авиац. ин-т, 1997. - 201 с.
2. Карпов Я.С., Кривенда С.П. Проектирование и конструирование соединений деталей из композиционных материалов / Учеб. пособие. Х: Нац. аэрокосм. ун-т «Харьк. авиац. ин-т», 2012. – 128 с.
3. Кривенда С.П. О применении теории электрических цепей для определения напряжений в соединениях// Вопросы проектирования и производства конструкций летательных аппаратов: Сб. науч. трудов. - Х., 2001. - Вып. 27 (4). - С. 115 - 118.
4. Композиционные материалы: Справочник / В.В. Васильев, В.Д. Протасов, В.В. Болотин и др. / Под общ. ред. В.В. Васильева, Ю.М. Тарнопольского. - М.: Машиностроение, 1990. - 512 с.
5. Проектирование и конструирование изделий из композиционных материалов. Теория и практика [Текст]: учебник / П.М. Гагауз, Ф.М. Гагауз, Я.С. Карпов, С.П. Кривенда; под общ. ред. Я.С. Карпова. – Х.: Нац. аэрокосм. ун-т им. Н.Е. Жуковского «Харьк. авиац. ин-т», 2015. – 672 с.

15. Інформаційні ресурси

Сайт кафедри <http://k403.khai.edu>