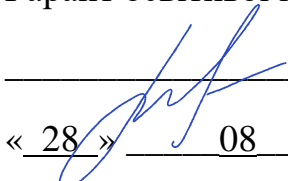


Міністерство освіти і науки України
Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського
“Харківський авіаційний інститут”

Кафедра композитних конструкцій і авіаційного матеріалознавства (№ 403)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Гарант освітньої програми

 М. А. Шевцова
« 28 » 08 2021 р.

**РОБОЧА ПРОГРАМА
ВИБІРКОВОЇ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

КОНСТРУЮВАННЯ І ПРОЕКТУВАННЯ ВИРОБІВ 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

(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.

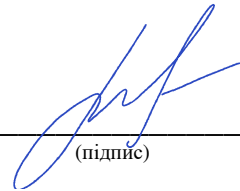
(прізвище та ініціали, посада, науковий ступінь і вчене звання)


(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 показників	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)	Цикл професійної підготовки (за вибором)	
Кількість модулів – 2		Навчальний рік	
Кількість змістових модулів – 5	Спеціальність <u>134 Авіаційна та ракетно-космічна техніка</u> (код і найменування)	2021 / 2022	
Індивідуальне завдання РГР		Семестр	
_____ (назва)	Освітня програма <u>«Проектування та виробництво конструкцій із композиційних матеріалів»</u> (найменування)	7-й	8-й
		Лекції	
	Рівень вищої освіти <u>перший (бакалаврський)</u>	32 год.	–
Загальна кількість годин – 56 / 120		Практичні, семінарські	
		24 год.	–
		Лабораторні	
		–	–
		Самостійна робота	
		64 год.	–
		Індивідуальні завдання	
		–	–
		Вид контролю	
		іспит	–

Примітка:

¹⁾ Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної і індивідуальної роботи для денної форми навчання становить: 56 / 64.

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета: оволодіння достатніми знаннями і практичними навичками для вирішення задач проектування і конструювання типових елементів конструкцій літальних апаратів із композиційних матеріалів, а саме композитних панелей та з'єднань композитних елементів конструкції.

Завдання: вивчення аналітичних та чисельних методів проектування панелей та з'єднань силових елементів із композиційних матеріалів, а також вивчення впливу технологічних обмежень на формування остаточних конструктивно-технологічних рішень цих елементів конструкцій літальних апаратів.

Компетентності, які набуваються:

- здатність проектування композитних панелей різного конструктивного виконання з урахуванням системи обмежень по міцності, жорсткості, тощо;
- здатність розраховувати та проектувати з'єднання на зріз довільної структури вздовж стику, утворених на основі традиційних адгезійних та механічних способів з'єднання.

Очікувані результати навчання: засвоєння матеріалу курсу дає можливість:

знати:

- моделі та розрахункові схеми для інженерної оцінки напружено-деформованого стану панеле різної силової конфігурації;
- моделі та розрахункові схеми одновимірного з'єднання постійної та змінної структури вздовж стику;

вміти:

- проектувати гладкі, підкріплені та тришарові панелі;
- враховувати обмеження міцності, жорсткості та технології при формуванні силової схеми панелі різної структури;
- розраховувати та проектувати адгезійні з'єднання за аналітичною моделлю;
- розраховувати та проектувати механічні та комбіновані з'єднання за дискретною моделлю;

мати уявлення:

- про взаємозв'язок між умовами функціонування панелей та переліком вимог до них;
- про умови геометричної, силової та конструктивної неоднорідності, що впливають на формування розрахункової схеми панелі;
- про методи інженерної оптимізації конструкції панелі;
- про особливості формування зон кріплення панелей;
- про особливості формування задачі розрахунку і проектування з'єднань;
- про обмеження використання моделей з'єднання.

Пререквізити – «Інженерні основи авіаційної та ракетно-космічної техніки», «Механіка конструкцій з композитів», «Міцність конструкцій з композитів», «Технологія виробництва виробів з композитів».

Кореквізити – «Загальні принципи проектування в техніці», «Конструювання і проектування виробів з композитів (курсовий проект)», «Розрахунок і проектування з'єднань композитних конструкцій», дипломний проект бакалавра.

3. Програма навчальної дисципліни

Модуль 1. Панелі і пластини із композиційних матеріалів.

Змістовий модуль 1. Проектування гладких панелей із композиційних матеріалів.

Тема 1. Класифікація панелей із композиційних матеріалів. Застосування композитних панелей і пластин в техніці. Типові навантаження панелей тонкостінних конструкцій авіаційної техніки. Плоский напружений стан. Згинальний напружено-деформований стан. Поняття о згинальної жорсткості та формули для їх обчислення з урахуванням послідовності укладки шарів в пакеті композиційного матеріалу. Класифікація панелей із композиційних матеріалів.

Тема 2. Проектування гладких панелей. Класифікація панелей із композиційних матеріалів. Постановка задачі проектування гладких (однорідних панелей) із композитів. Цільова функція, критерій проектування, обмеження за міцністю, стік остю та прогину. Оптимізація структури панелі із композиту за умов стійкості, загальне рішення задачі. Оптимізація структури панелі із композиту з одночасним забезпеченням умов стійкості та міцності. Проектування однорідних панелей при декількох випадках навантаження за умов стійкості та прогину.

Модульний контроль №1

Змістовий модуль 2. Проектування та конструювання панелей з заповнювачем.

Тема 3. Проектування панелей з заповнювачем. Області використання, переваги та недоліки. Типи заповнювачів, що використовуються в аерокосмічній галузі. Локальні форми руйнування панелей з заповнювачем. Визначення зсувних напружень в стільниковому та трубчастому заповнювачах. Загальний підхід к проектуванню панелей з заповнювачем. Постановка задачі проектування панелей типу «сандвіч». Алгоритм проектування панелей з заповнювачем з урахуванням міцності, стійкості та при обмеженнях прогину і товщини.

Тема 4. Конструктивно-технологічні рішення панелей з заповнювачем. Типові технологічні процеси виготовлення композитних панелей з заповнювачем. Конструктивно-технологічні рішення з'єднань композитних панелей між собою та з елементами каркаса. Конструктивно-технологічні рішення для реалізації несилкових з'єднань композитних панелей з заповнювачем.

Модульний контроль №2

Змістовий модуль 3. Проектування та конструювання підкріплених панелей із композиційних матеріалів.

Тема 5. Проектування стрингерних панелей. Області використання. Постановка задачі. Розподіл напружень між стрингерами та обшивкою. Рівняння рівноваги та умови сумісності деформацій. Формулювання обмежень по міцності. Формулювання обмежень по стійкості, визначення згинальних жорсткостей. Загальна методика проектування стрингерних панелей із композиційних матеріалів.

Тема 6. Конструктивно-технологічні рішення стрингерних панелей із композитів. Загальні вимоги щодо конструювання стрингерних панелей із композиційних матеріалів. Типові технологічні процеси виготовлення та зборки стрингерних панелей із композитів, переваги та недоліки. Інтегральний спосіб виготовлення стрингерних панелей.

Модульний контроль №3

Модуль 2. З'єднання деталей із композиційних матеріалів.

Змістовий модуль 4. Точкові механічні з'єднання.

Тема 7. Класифікація з'єднань. Класифікація з'єднань за функціональними ознаками. Класифікація з'єднань за експлуатаційними ознаками. Класифікація з'єднань за фізико-хімічними процесами реалізації. Класифікація з'єднань відповідно до розрахункових схем. Класифікація з'єднань за геометрією дислокації силових зв'язків. Тенденції та перспективи удосконалення з'єднань.

Тема 8. Проектування та розрахунок точечних механічних з'єднань. Умови забезпечення несучої здатності. Аналіз обмежень на конструктивні параметри точечних механічних з'єднань та засоби підвищення несучої здатності. Визначення зусиль у багаторядному механічному з'єднанні, виведення системи рівнянь. Розв'язування загальної системи рівнянь для окремих випадків механічних з'єднань. Навантаження зсувними зусиллями багаторядного механічного з'єднання. Напружено-деформований стан у поперечному напрямку у механічному з'єднанні деталей із композиційних матеріалів.

Тема 9. Конструктивно-технологічні рішення точкових механічних з'єднань. Засоби підвищення несучої здатності точкових механічних з'єднань деталей з урахуванням негативних властивостей композиційних матеріалів. Конструктивні заходи щодо підвищення несучої здатності з'єднувальних деталей на зминання. Спеціальний кріпильні елементи для організації з'єднань деталей із композиційних матеріалів.

Модульний контроль №4

Змістовий модуль 5. Перспективні з'єднання деталей із композиційних матеріалів.

Тема 10. Проектування та розрахунок на міцність поверхневих з'єднань деталей із композиційних матеріалів. Напружено-деформований стан адгезійного з'єднання. Основні припущення та базові рівняння. Моделі з'єднувального шару. Виведення формул для розрахунку напружень в деталях та в з'єднувальному шарі. Аналіз впливу конструктивних параметрів адгезійного з'єднання на напружений стан. Розрахунок адгезійного з'єднання при навантаженні зсувними зусиллями. Засоби підвищення несучої здатності адгезійних з'єднань, граничні оцінки.

Тема 11. Перспективні з'єднання деталей із композиційних матеріалів. Основна ідея реалізації з'єднання з трансверсальними кріпильними мікроелементами, переваги. Технологічні засоби, що застосовуються при виготовленні тра-

нсверсальних кріпильних мікроелементів. Загальна методика розрахунку з'єднання з трансверсальними кріпильними мікроелементами. Основна ідея реалізації з'єднання з повздовжніми кріпильними мікроелементами, межа застосування. Напівпетльове з'єднання.

Модульний контроль №5

4. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин					
	усього	у тому числі				
		л	п	лаб	інд	с.р.
1	2	3	4	5	6	7
Модуль 1. Панелі і пластини із композиційних матеріалів						
Змістовий модуль 1. Проектування гладких панелей із композиційних матеріалів						
Тема 1. Класифікація панелей із КМ	2	–	–	–	–	2
Тема 2. Проектування гладких панелей	6	2	2	–	–	2
Модульний контроль №1	6	–	2	–	–	4
Разом за змістовим модулем 1	14	2	4	–	–	8
Змістовий модуль 2. Проектування та конструювання панелей з заповнювачем						
Тема 3. Проектування панелей з заповнювачем	12	6	2	–	–	4
Тема 4. Конструктивно-технологічні рішення панелей з заповнювачем	2	–	–	–	–	2
Модульний контроль №2	8	–	2	–	–	6
Разом за змістовим модулем 2	22	6	4	–	–	12
Змістовий модуль 3. Проектування та конструювання підкріплених панелей із композиційних матеріалів						
Тема 5. Проектування стрингерних панелей	16	8	4	–	–	4
Тема 6. Конструктивно-технологічні рішення стрингерних панелей із композитів	2	–	–	–	–	2
Модульний контроль №3	12	–	2	–	–	10
Разом за змістовим модулем 3	30	8	6	–	–	16
Модуль 2. З'єднання деталей із композиційних матеріалів						
Змістовий модуль 4. Точечні механічні з'єднання						
Тема 7. Класифікація з'єднань	2	–	–	–	–	2
Тема 8. Проектування та розрахунок точечних механічних з'єднань	16	8	4	–	–	4
Тема 9. Конструктивно-технологічні рішення точечних механічних з'єднань	2	–	–	–	–	2
Модульний контроль №4	10	–	2	–	–	8
Разом за змістовим модулем 4	30	8	6	–	–	16

Змістовий модуль 5. Перспективні з'єднання деталей із композиційних матеріалів						
Тема 10. Проектування та розрахунок на міцність поверхневих з'єднань деталей із композиційних матеріалів	12	6	2	–	–	4
Тема 11. Перспективні з'єднання деталей із композиційних матеріалів	4	2	–	–	–	2
Модульний контроль №5	8	–	2	–	–	6
Разом за змістовим модулем 5	24	8	4	–	–	12
Усього за семестр	120	32	24	–	–	64

5. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	2	3
1	Проектування однорідної гладкої композитної панелі за умов міцності (Тема 2)	2
2	Модульний контроль №1. Проектування однорідної гладкої композитної панелі за умов стійкості	2
3	Проектування панелі з заповнювачем. Визначення товщини несучих шарів та заповнювача (Тема 3)	2
4	Модульний контроль №2. Визначення несучої здатності панелі зі стільниковим заповнювачем	2
5	Проектування композитної стрингерної панелі за умов міцності (Тема 5)	2
6	Проектування стрингерної панелі із композиційного матеріалу за умов стійкості (Тема 5)	2
7	Модульний контроль №3. Проектування і конструювання стрингерів із композиційного матеріалу	2
8	Проектування одноболтового з'єднання композитної та титанової деталей (Тема 8)	2
9	Проектування однорядного двоболтового з'єднання композитної та титанової деталей (Тема 8)	2
10	Модульний контроль №4. Визначення зусиль у дворядному болтовому з'єднанні композитних деталей	2
11	Проектування одностороннього та двостороннього клейових з'єднань внапусток композитної та металевої деталей (Тема 10)	2
12	Модульний контроль №5. Розрахунок на міцність клейового з'єднання композитних деталей	2
Усього за семестр, годин		24

6. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	2	3
1	Основні рівняння теорії пластин (Тема 1)	2
2	Проектування гладких панелей (Тема 2)	2
3	Модульний контроль №1. Виконання завдання з проектування однорідної гладкої композитної панелі за умов міцності і стійкості	4
4	Проектування панелей з заповнювачем (Тема 3)	4
5	Конструктивно-технологічні рішення панелей з заповнювачем (Тема 4)	2
6	Модульний контроль №2. Виконання завдання з проектування панелі з заповнювачем за умов міцності і стійкості	6
7	Проектування стрингерних панелей (Тема 5)	4
8	Конструктивно-технологічні рішення стрингерних панелей із композитів (Тема 6)	2
9	Модульний контроль №3. Виконання РГР «Проектування композитної стрингерної панелі»	10
10	Класифікація з'єднань (Тема 7)	2
11	Проектування та розрахунок точечних механічних з'єднань (Тема 8)	4
12	Конструктивно-технологічні рішення точечних механічних з'єднань (Тема 9)	2
13	Модульний контроль №4. Виконання завдання з проектування точечних механічних з'єднань композитної та металевої деталей	8
14	Проектування та розрахунок на міцність поверхневих з'єднань деталей із композиційних матеріалів (Тема 10)	4
15	Перспективні з'єднання деталей із композиційних матеріалів (Тема 11)	2
16	Модульний контроль №5. Виконання завдання з проектування клейових з'єднань композитної та металевої деталей	6
Усього за семестр, годин		64

7. Методи навчання

Проведення лекцій, практичних занять, індивідуальні консультації, самостійна робота студентів за матеріалами, опублікованими кафедрою (методичні посібники, конспекти лекцій).

8. Методи контролю

Проведення письмового модульного контролю, що виконується під час аудиторних занять та самостійної роботи, контролю виконання розрахунково-графічної роботи та курсового проекту, семестровий контроль у вигляді іспиту (7-ий семестр).

9. Критерії оцінювання та розподіл балів, які отримують студенти

Кількісні критерії оцінювання (розподіл балів).

Розподіл балів, які отримують студенти у 7-му семестрі:

Семестр 7 (іспит)					
Складові навчальної роботи	Бали за одне заняття (завдання)		Кількість занять (завдань)	Сумарна кількість балів	
	min	max		min	max
Змістовний модуль 1					
Модульний контроль №1	6	10	2	12	20
Всього за змістовим модулем				12	20
Змістовний модуль 2					
Модульний контроль №2	6	10	2	12	20
Всього за змістовим модулем				12	20
Змістовний модуль 3					
Виконання і захист РГР*	6	10	1	6	10
Модульний контроль №3	6	10	1	6	10
Всього за змістовим модулем				12	20
Змістовний модуль 4					
Модульний контроль №4	6	10	2	12	20
Всього за змістовим модулем				12	20
Змістовний модуль 5					
Модульний контроль №5	6	10	2	12	20
Всього за змістовим модулем				12	20
Всього за 7-й семестр				60	100
* Обов'язковий контрольний захід					

Семестровий контроль (іспит) проводиться у разі відмови студента від балів поточного тестування й за наявності допуску до іспиту (виконання і захист РГР). Під час складання семестрового іспиту студент має можливість отримати максимум 90 балів. Іспит проводиться у вигляді тестування на ЕОМ. Комплекс контрольних завдань складається з 45 питань за наведеними вище темами (по 9 питань з кожного змістового модуля). Максимальна кількість балів за кожну правильну відповідь на питання тестового завдання – 2 бали.

Розподіл балів, які отримують студенти у 8-му семестрі (під час виконання курсового проекту):

Семестр 8 (диференційний залік)			
Пояснювальна записка	Ілюстративна частина	Захист роботи	Сума
25...40	25...40	10...20	60...100

Якісні критерії оцінювання (необхідний обсяг знань і вмінь).

Необхідний обсяг знань для одержання позитивної оцінки:

- області застосування та перспективи використання композиційних матеріалів (КМ) в конструкціях літальних апаратів;
- особливості використання базових розрахункових схем (стержень, оболонка, пластина, балка та ін.) при проектуванні виробів авіаційної техніки із КМ;
- можливі види втрати несучої здатності базових елементів конструкцій літальних апаратів та математичні вирази обмежень по міцності, стійкості та прогину;
- загальні принципи та методи проектування стержнів, балок, оболонок, панелей із КМ та з'єднань цих елементів між собою;
- механізми виникнення додаткових зусиль та напружень в зонах крайових ефектів та інженерні методики їх обчислень;
- переваги та недоліки базових конструктивно-технологічних рішень, що використовуються при виробництві деталей із КМ та їх з'єднань.

Необхідний обсяг вмінь для одержання позитивної оцінки:

- обґрунтовуваний вибір матеріалів для елементів конструкцій ЛА із КМ;
- вибір та застосування розрахункових схем та математичних моделей для рішення прикладних задач проектування елементів авіаційної та ракетно-космічної техніки із КМ;
- вміння формулювати задачі проектування базових елементів конструкцій літальних апаратів із КМ із забезпеченням умов міцності, стійкості та прогину;
- використовувати в інженерній практиці аналітичні та чисельні методи проектування базових елементів конструкції із КМ з урахуванням особливостей технологічного процесу;
- створювати нові або вдосконалювати існуючі методики проектування деталей із КМ для забезпечення потреб авіаційної та ракетно-космічної галузі.

Критерії оцінювання роботи студента протягом семестру.

Задовільно (60...74). Показати мінімум знань та вмінь. Здати всі модульні завдання. Вміти самостійно обирати розрахункові схеми та застосовувати існуючі методики проектування базових елементів авіаційної та ракетно-космічної техніки із КМ. Вільно орієнтуватися і обирати існуючі конструктивно-технологічні рішення для виготовлення типових елементів.

Добре (75...89). Твердо знати мінімум, здати всі модульні завдання та додаткову поза аудиторну самостійну роботу. Розв'язувати прикладні інженерні задачі з проектування типових елементів авіаційної та ракетно-космічної техніки із КМ за допомогою існуючих методик проектування та вміти вдосконалювати їх та пристосовувати для реалізації на ЕОМ. Вміти запропоновувати або вдосконалювати існуючі конструктивно-технологічні рішення для виготовлення типових елементів з урахуванням особливостей технологічних процесів.

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: національна та ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою
90 – 100	A	відмінно
83 – 89	B	добре
75 – 82	C	
68 – 74	D	задовільно
60 – 67	E	
1 – 59	FX	незадовільно з можливістю повторного складання

10. Методичне забезпечення

Конспект лекцій:

1. Проектирование и конструирование изделий из композиционных материалов. Теория и практика [Текст] / П.М. Гагауз, Ф.М. Гагауз, Я.С. Карпов и др. – Х.: Нац. аерокосм. ун-т «Харк. авіац. ін-т», 2015. – 672 с.

11. Рекомендована література

Базова:

1. Карпов Я.С. Проектирование деталей и агрегатов из композитов: учебник / Я.С. Карпов. – Х.: Нац. аерокосм. ун-т «Харк. авіац. ін-т». – 2010. – 768 с. – **154(Б); 2(М).**

2. Карпов Я.С. Проектирование и конструктивно-технологические решения панелей из композиционных материалов: учеб. пособие / Я.С. Карпов, П.М. Гагауз, Ф.М. Гагауз, Т.А. Литвинова. – Х.: Нац. аерокосм. ун-т «Харк. авіац. ін-т», 2010. – 180 с. – **54(Б); 30(М).**

3. Карпов Я.С. Проектирование и конструктивно-технологические решения стержней из композиционных материалов: учеб. пособие / Я.С. Карпов, Ф.М. Гагауз, А.Ю. Воробьев. – Х.: Нац. аерокосм. ун-т «Харк. авіац. ін-т», 2010. – 70 с. – **54(Б); 30(М).**

4. Карпов Я.С. Проектирование и конструирование соединений деталей из композиционных материалов: учеб. пособие / Я.С. Карпов, С. П. Кривенда. – Х.: Нац. аерокосм. ун-т «Харк. авіац. ін-т», 2012. – 128 с. – **144(Б); 40(М)**.

Допоміжна:

1. Гайдачук В.Е., Карпов Я.С. Основы конструкторской подготовки производства агрегатов летательных аппаратов из композиционных материалов: Учеб. пособие. – Харьков: Харк. авіац. ін-т, 1988. – 67 с.

2. Гайдачук В.Е., Карпов Я.С. Композиционные материалы в конструкциях летательных аппаратов. – Харьков: Харк. авіац. ін-т, 1986. – 131с.

3. Основы проектирования и изготовления конструкций летательных аппаратов из композиционных материалов: Учебное пособие/ В.В. Васильев, А.А. Добряков, А.А. Дудченко и др. – М.: МАИ, 1985. – 218 с.

4. Інженерні основи функціонування і загальна будова аерокосмічної техніки: Підручник для вищих навчальних закладів (напрямок «Авіація і космонавтика»)/ В.С. Кривцов, Я.С. Карпов, М.М. Федотов. – Харків: Нац. аерокосм. ун-т «Харк. авіац. ін-т», 2002. – Ч.2. – 723 с.

12. Інформаційні ресурси

Сайт кафедри: k403.khai.edu