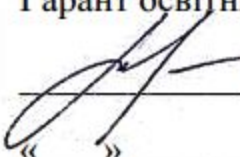


Міністерство освіти і науки України  
Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського  
«Харківський авіаційний інститут»

Кафедра композиційних конструкцій і авіаційного матеріалознавства (№ 403)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Гарант освітньої програми

 Марина ШЕВЦОВА  
«    » \_\_\_\_\_ 2023 р.

## **РОБОЧА ПРОГРАМА ОБОВ'ЯЗКОВОЇ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

Експериментальні дослідження конструкцій з композиційних матеріалів  
(шифр і назва навчальної дисципліни)

Галузь знань: 13 «Механічна інженерія»  
(шифр і назва галузі знань)

Спеціальність: 134 «Авіаційна та ракетно-космічна техніка»  
(шифр і назва спеціальності)

Освітня програма: Проектування та виробництво композитних конструкцій  
(шифр і назва спеціальності)

**Форма навчання: денна**

**Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)**

**Харків 2023рік**

Розробник:  
доцент кафедри композиційних  
конструкцій і авіаційного  
матеріалознавства (№ 403)  
к.т.н., доцент



Світлана ПУРГІНА

Робочу програму розглянуто на засіданні композиційних конструкцій і  
авіаційного матеріалознавства (№403)

Протокол № 1 від «29» серпня 2023 р.

В.о. завідувача кафедри 403  
к.т.н., доцент



Федір ГАГАУЗ

## 1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність, освітня програма, рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни (денна форма навчання)
Кількість кредитів – 5	<b>Галузь знань</b> <u>13 Механічна інженерія</u> <small>(шифр і назва)</small>  <b>Спеціальність</b> <u>134 «Авіаційна та ракетно-космічна техніка»</u> <small>(шифр і назва)</small>  <b>Освітня програма</b> <u>«Проектування та виробництво конструкцій із композиційних матеріалів»</u>  <b>Рівень вищої освіти</b> <u>перший (бакалаврський)</u>	Цикл професійної підготовки (основна)
Кількість модулів – 2		<b>Навчальний рік</b>
Кількість змістовних модулів – 3		2023/2024
Індивідуальне завдання		<b>Семестр</b>
Загальна кількість годин – 48 / 150		8-й
Кількість тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 3 самостійної роботи студента – 6,4		<b>Лекції</b>
		24 годин
		<b>Практичні</b>
		24 годин
		<b>Консультації</b>
		-
		<b>Самостійна робота</b>
		102 годин
		<b>Вид контролю</b>
		іспит

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної роботи становить: 48/102.

## 2. Мета та завдання навчальної дисципліни

**Мета** – вивчення основ о методах випробування елементів конструкції з композитів, устаткуванні та обладнанні для проведення випробувань; та методах обробки експериментальних даних.

**Завдання** – придбання деяких навичок з визначення дійсних фізико-механічних характеристик (ФМХ) композитного матеріалу, їх залежності від технологічних факторів та зміни навколишніх умов. Вивчення обладнання та устаткування для проведення експериментів. Оволодіння методиками математичного аналізу отриманих даних.

### Очікувані результати навчання та компетентності, що набуваються:

Зміст навчальної дисципліни направлений на формування наступних компетентностей, визначених стандартом вищої освіти:

**ФК05.** Здатність проектувати та здійснювати випробування елементів ракетно-космічної техніки, її обладнання, систем та підсистем.

Отримані знання з навчальної дисципліни стануть складовими наступних програмних результатів навчання визначених стандартом:

**ПР08.** Дотримуватися вимог галузевих нормативних документів щодо процедур проектування, виробництва, випробування та (або) сертифікації елементів та об'єктів ракетно-космічної техніки на всіх етапах їх життєвого циклу.

**ПР14.** Описувати експериментальні методи дослідження структурних, фізико-механічних і технологічних властивостей матеріалів та конструкцій.

**ПР17.** Розуміти та обґрунтовувати послідовність проектування, виробництва, випробування та (або) сертифікації елементів та систем ракетно-космічної техніки.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен

**знати:**

- методи та засоби статичних випробувань зразків з КМ;
- методи та засоби спеціальних випробувань зразків з КМ;
- методи обробки результатів експериментальних досліджень.

**вміти:**

- визначати зразки для різних випробувань;
- визначати умови навантаження виробів, їх агрегатів та елементів;
- обробляти результати експериментів.

**мати уявлення:**

- про стандартне та нестандартне устаткування для проведення випробувань.

### Пререквізити:

Матеріалознавство, Технологія виробництва композитних конструкцій, Конструювання і проектування виробів з композитів, Механіка армованих матеріалів.

### Кореквізити:

Вища математика, Фізика, Взаємозамінність та стандартизація.

### 3. Програма навчальної дисципліни

#### Модуль 1.

**Змістовий модуль 1.** Методи та засоби статичних випробувань зразків з КМ

Тема 1. Вступ. Ціль та задачі курсу. Основні види механічних випробувань. Особливості випробувань зразків з КМ. Характеристики, що визначаються при випробуваннях зразків з КМ. Зразки для випробувань. Вплив технологічних факторів. Випробування компонентів КМ. Тема 2. Прилади для виміру переміщень. Механічні тензometri. Оптичні та електричні пристрої. Інші способи вимірювання переміщень. Тема 3. Обробка результатів випробувань. Організація і планування експерименту. Тема 4. Випробування на розтяг. Форма та розміри зразків. Обладнання. Навантаження плоских зразків під різними кутами до напрямку армування. Розтяг кільцевих зразків. Тема 5. Випробування на стиск. Форма та розміри зразків. Обладнання. Способи навантаження. Вимоги до способів кріплення зразків. Стиск плоских та кільцевих зразків. Тема 6. Випробування зразків на зсув. Способи вивчення опору зсуву. Кручення тонкостінних труб. Перекошення пластини. Кручення квадратної пластини. Тема 7. Випробування зразків на трьох точковий вигин. Методика випробування та обробки результатів. Обладнання. Параметри зразків. Межі використання. Випробування зразків на чотирьох точковий (чистий) вигин. Методика випробування та обробки результатів. Обладнання. Параметри зразків. **Модульний контроль.**

**Змістовий модуль 2.** Методи та засоби спеціальних випробувань зразків з КМ

Тема 8. Випробування зразків при підвищених та знижених температурах. Визначення коефіцієнта лінійного температурного розширення КМ. Методика випробування та обробки результатів. Обладнання. Параметри зразків. Тема 9. Випробування зразків на втомленість. Методика випробування та обробки результатів. Обладнання. Параметри зразків. та нестандартне устаткування для проведення випробувань. Випробування зразків на повзучість та на тривалу міцність. Методика випробування та обробки результатів. Обладнання. Параметри зразків. Тема 10. Хімічні випробування, старіння, оптичні випробування, електричні. **Модульний контроль.**

#### Модуль 2.

**Змістовий модуль 3.** Статичні випробування вузлів, агрегатів та виробів із КМ

Тема 11. Випробування тришарових конструкцій із стільниковим заповнювачем на розтяг. Особливості методики випробування та обробки результатів. Обладнання. Параметри зразків. Тема 12. Визначення параметрів з'єднувального шару. Метод короткої балки. Визначення податливості кріпильних елементів. Тема 13. Постановка задачі на випробування агрегатів ЛА. Особливості моделювання навантаження. Лабораторії статичних випробувань ЛА та їх обладнання. Тема 14. Постановка задачі на випробування агрегатів ЛА. Особливості моделювання навантаження. Лабораторії статичних випробувань ЛА та їх обладнання. Засоби моделювання навантаження на ЛА. Розрахунок системи важелів. Засоби вимірювання навантажень при випробуваннях ЛА. Область використання. Переваги та недоліки. **Модульний контроль.**

#### 4. Структура навчальної дисципліни

Назви змістовних модулів і тем	Кількість годин				
	Усього	У тому числі			
		л	к	пр.	с. р.
1	2	3	4	5	6
<b>Модуль 1</b>					
<b>Змістовний модуль 1.</b> Експеримент та попередня обробка експериментальних даних					
Тема 1. Вступ. Ціль та задачі курсу.	7	1	–	–	6
Тема 2. Прилади для виміру переміщень.	5	1	–	–	4
Тема 3. Обробка результатів випробувань	8	2	–	–	6
Тема 4. Випробування на розтяг	10	2	–	4	4
Тема 5. Випробування на стиск.	8	2	–	2	4
Тема 6. Випробування зразків на зсув.	8	2	–	2	4
Тема 7. Випробування зразків на вигин.	10	2	–	2	6
Разом за змістовним модулем 1	<b>56</b>	<b>12</b>	–	<b>10</b>	<b>34</b>
<b>Змістовний модуль 2.</b> Методи та засоби спеціальних випробувань зразків з КМ					
Тема 8. Випробування зразків при підвищених та знижених температурах.	10	2	–	–	8
Тема 9. Випробування зразків на втомленість. Випробування зразків на повзучість та на тривалу міцність.	12	2	–	2	8
Тема 10. Хімічні випробування, старіння, оптичні випробування, електричні	16	2	–	4	10
Разом за змістовним модулем 2	<b>38</b>	<b>6</b>	–	<b>6</b>	<b>26</b>
<b>Модуль 2</b>					
<b>Змістовний модуль №3.</b> Статичні випробування вузлів, агрегатів та виробів із КМ					
Тема 11. Випробування тришарових конструкцій із стільниковим заповнювачем на розтяг.	15	1	–	2	12
Тема 12. Визначення параметрів з'єднувального шару. Метод короткої балки. Визначення податливості кріпильних елементів.	15	1	–	4	10
Тема 13. Постановка задачі на випробування агрегатів ЛА. Особливості моделювання навантаження. Лабораторії статичних випробувань ЛА та їх обладнання.	14	2	–	2	10
Тема 14. Постановка задачі на випробування агрегатів ЛА.	12	2	–	–	10
Разом за змістовним модулем 3	<b>56</b>	<b>6</b>	–	<b>8</b>	<b>42</b>
<b>Усього годин</b>	<b>150</b>	<b>24</b>	–	<b>24</b>	<b>102</b>

## 5. Теми семінарських занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1		
2		
	<b>Разом</b>	

## 6. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1		
2		
	<b>Разом</b>	

## 7. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Виготовлення зразків для випробування на розтяг, зсув, стиск, вигин	2
2	Визначення модуля пружності, коефіцієнта Пуассона, межі міцності зразків при випробуванні на розтяг з використанням безконтактного реєстратора переміщень	4
3	Порівняння результатів випробування на розрив склопластикових зразків з різної структурою укладки з використання критеріїв Стюдента	4
4	Визначення межі міцності для композитних зразків при випробуванні на стиск	2
5	Порівняння меж міцності для склопластикових зразків при випробування на розрив зразків з структурою $\pm 45^\circ$ при випробуванні на зсув	2
6	Випробування зразків на трьох точковий вигин. Визначення межі міцності. Визначення модуля пружності	2
7	Визначення впливу агресивних умов на межу міцності склопластикових зразків	4
8	Перевірка структури зразків методом вижарювання.	2
9	Визначення межі міцності для композитних трьохшарових зразків при випробуванні на вигин	2
	<b>Разом</b>	<b>24</b>

## 8. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Статистична обробка результатів експериментів (математичне очікування, середньоквадратичне розсіювання, коефіцієнт варіації, тощо)	6
2	Випробування кільцевих зразків на розтяг за допомогою пружного елемента. Випробування кільцевих зразків на стиск за допомогою б пружного елемента. Кручення кілець	4
3	Принципи дії та кінематичні схеми вимірювачів переміщень, області їх використання	6
4	Випробування на зсув у площині укладки розтягуванням анізотропної пластинки	4
5	Випробування на зсув у площині укладки із використанням шарнірного чотирьох ланцюгового пристрою	4
6	Графоаналітичний метод визначення модулю згину при трьох точковому згині з урахуванням впливу зусилля зрізу	4
7	Використання методу короткої балки для випробування зразків тришарових панелей із стільниковим заповнювачем	6
8	Випробування на зрізання. Кручення прямих стержнів	8
9	Випробування зразків при підвищених та знижених температурах. Нагрівостійкість, методи Віка, Мартенса, тощо. Крихкість полімерної матриці, Методи дослідження	8
10	Випробування зразків на тривалу міцність, способи реалізації. Циклічні навантаження. Вплив температури та агресивності середовища.	10
11	Дослідження впливу біологічних організмів/середовища на міцність композитних зразків.	12
12	Види тришарових композитних конструкцій. Особливості механічних досліджень.	10
13	Визначення податливості мікрокріпильних елементів. Особливості випробування клейових з'єднань.	10
14	Електричні вимірювальні схеми. Тензометрична апаратура. Підготовка та проведення вимірювань деформацій за допомогою тензорезисторів.	12
	<b>Разом</b>	<b>102</b>

## 9. Індивідуальні завдання

Відсутнє.

## 10. Методи навчання

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



## 11. Методи контролю

Проведення поточного контролю на лекціях та практичних заняттях, письмового модульного контролю, фінальний контроль у вигляді іспиту.

## 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
<b>Змістовний модуль 1</b>			
Робота на лекціях	0...1	4	0...4
Виконання та захист лабораторних (практичних) робіт	3...5	3	9...15
Модульний контроль	11...15	1	11...15
<b>Змістовний модуль 2</b>			
Робота на лекціях	0...1	4	0...4
Виконання та захист лабораторних (практичних) робіт	3...5	3	9...15
Модульний контроль	11...15	1	11...15
<b>Змістовний модуль 3</b>			
Робота на лекціях	0...1	4	0...4
Виконання та захист лабораторних (практичних) робіт	3...5	3	9...15
Модульний контроль	11...15	1	11...15
<b>Всього за семестр</b>			<b>60...100</b>

Семестровий контроль (іспит/залік) проводиться у разі відмови студента від балів поточного тестування та за наявності допуску до іспиту/заліку. При складанні семестрового іспиту/заліку студент має можливість отримати максимум 100 балів.

Білет для іспиту/заліку складається з 4 питань (2 теоретичних питання по 20 балів; 2 практичних по 30 балів).

### 12.2. Якісні критерії оцінювання

Необхідний обсяг знань для одержання позитивної оцінки:

Основні поняття і принципи планування експерименту; Методи обробки експериментальних даних; Методи розрахунку параметрів математичної моделі об'єкта досліджень, оцінку їх значущості, а також адекватності отриманої моделі; Розуміти принцип проведення основних механічних випробування, знати методикау обчислення механічних характеристик з використання стандартного устаткування. Розуміти принцип хімічних випробувань. Знати спеціальні випробування для композитних матеріалів на перевірку структури укладання методом вижарювання.

## Необхідний обсяг умінь для одержання позитивної оцінки:

Здійснювати статистичну обробку результатів дослідів (відсіювання грубих помилок, значимість коефіцієнтів регресії, оцінка адекватності математичної моделі, перевіряти нормальність розподілу, порівнювати дві та більше вибірок); Вміти описати механічні випробування на розтяг, стиск, вигин та зсув. Вміти виготовити зразки для отримання механічних характеристик. Вміти описати вид та роботу основного устаткування для проведення механічних випробувань.

### 12.3 Критерії оцінювання роботи студента протягом семестру

**Задовільно (60-74).** Мати мінімум знань та умінь. Відпрацювати та захистити всі лабораторні роботи. Вміти точково оцінювати результати експериментів. Відсіювати грубі похибки. Обчислювати середнє значення та коефіцієнт варіації. Порівнювати дві сукупності досліджень. Вміти складати технічну документацію на дослід. Розуміти які характеристики визначаються при механічних випробуваннях на розтяг, стиск, вигин та зсув. Вміти підготувати зразки композиційних матеріалів для механічних випробувань.

**Добре (75 - 89).** Твердо знати мінімум знань, виконати усі завдання. Показати вміння виконувати та захищати всі лабораторні роботи в обумовлений викладачем строк з обґрунтуванням рішень та заходів, які запропоновано. Вміти точково оцінювати результати експериментів. Будувати гістограму. Відсіювати грубі похибки. Обчислювати середнє значення та коефіцієнт варіації. Порівнювати дві сукупності досліджень. Вміти складати технічну документацію на дослід. Розуміти які характеристики визначаються при механічних випробуваннях на розтяг, стиск, вигин та зсув. Вміти підготувати зразки композиційних матеріалів для механічних випробувань.

**Відмінно (90 - 100).** Повно знати основній та додатковий матеріал. Досконально знати усі теми. Орієнтуватися у підручниках та посібниках. Безпомилково виконувати та захищати всі лабораторні роботи в обумовлений викладачем строк з докладним обґрунтуванням рішень та заходів, які запропоновано у роботах. Вміти точково оцінювати результати експериментів. Будувати гістограму. Відсіювати грубі похибки. Обчислювати середнє значення та коефіцієнт варіації. Порівнювати дві та більше сукупності досліджень. Вміти складати технічну документацію на дослід. Розуміти які характеристики визначаються при механічних випробуваннях на розтяг, стиск, вигин та зсув. Вміти підготувати зразки композиційних матеріалів для механічних випробувань. Вміти будувати аналітичну залежність для однофакторного дослідження, аналізувати аналітичні та графічні данні.

### 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

Методичні вказівки до виконання та завдання на практичні роботи.

## 14. Рекомендована література

1. Теорія та методи дослідження і випробування пластмас, клеїв та герметиків: навч. посібник / Л.П. Підгорна, Г.М. Черкашина, В.В. Лебедев – Харків : НТУ “ХПІ”, 2015. – 276 с. - Book 2015 Pidhorna Teoriia ta metody.pdf
2. Теорія ймовірностей та математична статистика у прикладах і задачах : навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. / О.Б. Жильцов ; за ред. Г.О. Михаліна. — К. : Київ. ун-т ім. Б. Грінченка, 2015. — 336 с.
3. Планування і обробка результатів експерименту / Харк. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова; уклад.: О. О. Ковальова. – Х.: ХНУМГ, 2014. – 74 с.
4. Анкудинов Д.Т., Мамаев К.Н. Малобазные тензодатчики сопротивления. М.: Машиностроение, 1968, 187с.
5. [https://uk.wikipedia.org/wiki/ Т-критерій\\_Стьюдента](https://uk.wikipedia.org/wiki/Т-критерій_Стьюдента)
6. [https://uk.wikipedia.org/wiki/ Коефіцієнт\\_детермінації](https://uk.wikipedia.org/wiki/Коефіцієнт_детермінації)
7. ASTM D3039/D3039M-08 «Standard test method for tensile properties of polymer matrix composite materials.
8. ДСТУ EN ISO 527-4:2018 Пластмаси. Визначення властивостей під час розтягування. Частина 4. Умови випробування для ізотропних та ортотропних, армованих волокном пластмасових композитів (EN ISO 527-4:1997, IDT; ISO 527-4:1997, IDT).
9. ASTM D 3410/D 3410M-03(2008) Standard Test Method for Compressive Properties of Polymer Matrix Composite Materials with Unsupported Gage Section by Shear Loading.
10. ASTM D4255/D4255M-15a "Standard Test Method for In-Plane Shear Properties of Polymer Matrix Composite Materials by the Rail Shear Method".
11. ASTM D7078/D7078 M—12 «Standard test method for shear properties of composite materials by Y-notched rail shear method».
12. ISO 14129:1997\* Fibre-reinforced plastic composites - Determination of the in-plane shear stress/shear strain response, including the in-plane shear modulus and strength, by the plus or minus 45 degree tension test method.
13. ДСТУ EN ISO 178:2017 (EN ISO 178:2010; A1:2013, IDT; ISO 178:2010; Amd 1:2013, IDT) Пластмаси. Визначення властивостей у разі згинання.
14. ASTM D790-10 "Standard test methods for flexural properties of unreinforced and reinforced plastics and electrical insulating materials".
15. ASTM D2990-09 «Standard test methods for tensile, compressive, and flexural creep and creep-rupture of plastics».
16. ASTM D3479/D3479 M-12 «Standard test method for tension-tension fatigue of polymer matrix composite materials».
17. ДСТУ EN ISO 4589-1:2018 (EN ISO 4589-1:2017, IDT; ISO 4589-1:2017, IDT) Пластмаси. Визначення характеристик горіння за кисневим індексом.
18. ДСТУ 2308-93 Розрахунки та випробування на міцність. Метод визначення температурного коефіцієнта лінійного розширення композиційних матеріалів в трьох взаємоортогональних напрямках.
19. ASTM D542 - 14 Standard Test Method for Index of Refraction of Transparent Organic Plastics.
20. ASTM D1003 - 13 Standard Test Method for Haze and Luminous Transmittance of Transparent Plastics.
21. ASTM C297/C297 M-04 "Standard test method for flatwise tensile strength of sandwich constructions".