



## НАЗВА КУРСУ

# Проектування конструкцій з композиційних матеріалів

## Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

### Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	Другий (магістерський)
Галузь знань	13 Механічна інженерія
Спеціальність	134 Авіаційна та ракетно-космічна техніка
Освітня програма	Інженерія авіаційних та ракетно-космічних систем
Статус дисципліни	Вибіркова
Форма навчання	очна(денна)
Рік підготовки, семестр	1 курс, весняний семестр
Обсяг дисципліни	120 год.
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Залік
Розклад занять	В розкладі представлено згідно РНП лекції- 1, 5 год. і 1,0 год. практичні заняття кожного тижня рівномірно протягом семестра Розклад на сайті rozklad.kpi.ua
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: Доктор технічних наук, професор Архипов Олександр Геннадійович, т.м. +380509879888, e-mail: arkhypov@gmail.com Практичні / Семінарські: Доктор технічних наук, професор Архипов Олександр Геннадійович, т.м. +380509879888, e-mail: arkhypov@gmail.com
Розміщення курсу	Платформа «Сікорський»

### Програма навчальної дисципліни

#### 1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

В аерокосмічній галузі за останні 50 років при виробництві переважної більшості агрегатів відбувається заміщення металів і їх сплавів сучасними конструкційними матеріалами – композиційними полімерними і іншими матеріалами. Це обумовлено їх високими показниками питомої міцності, високою технологічністю виробництва, що дозволяє суттєво зменшити масо-габаритні характеристики, втілити в одному виробі з композиційного матеріалу цілий ряд окремих деталей. При цьому їх виробництво відзначається високою продуктивністю. Всі наведені фактори обумовило те, що сучасні літальні апарати мають в своєму складі агрегати що містять в конструкції до 90% виробів з композиційних матеріалів. Процес заміна металевих конструкцій виробами з композиційних матеріалів буде лише посилюватися, що говорить про важливість і перспективність опанування цієї дисципліни.

Метою навчальної дисципліни є формування у студентів знань про: структуру та властивості композиційних конструкційних матеріалів, які застосовуються в аерокосмічній галузі; особливості складу та властивості композиційних конструкційних та електроізоляційних матеріалів для літаків, ракет та вертольотів, уявлення про технологічні процеси отримання виробів із полімерних композиційних матеріалів, технологічну оснастку для їх виготовлення. Вивчення дисципліни підсилює компетентності освітньої програми: ФК 2 Здатність кваліфіковано обирати клас матеріалів для елементів конструкцій авіаційної та ракетно-космічної техніки; ФК 6 Здатність проводити роботи з підготовки виробництва об'єктів авіаційної та ракетно-космічної техніки з використанням новітніх технологій.

Предметом навчальної дисципліни "Проектування конструкцій з композиційних матеріалів" є процеси, правила, технології виготовлення складових (армуючих елементів, зв'язуючих тощо) і виробів з них. Складність задачі полягає в необхідності передбачати залежність властивостей виробів з композиційних матеріалів від характеристик вхідних компонентів та структурно-технологічних параметрів.

Дисципліна доповнює програмні результати освітньої програми магістра: ПРН 9 Вміння обґрунтовано призначати клас матеріалів для елементів та систем авіаційної та ракетно-космічної техніки; ПРН 19 Вміння, на основі знань та розуміння особливостей конструкції та робочих процесів в системах та елементах авіаційної та ракетно-космічної техніки формулювати та розв'язати науково-технічні задачі щодо розроблення їх новітніх зразків..

## **2. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)**

Вивчення цієї дисципліни вимагає наявності у студентів професійних навичок користування персональними комп'ютерами, а також володіння основними методами програмування. Для опанування навчального курсу "Проектування конструкцій з композиційних матеріалів" базовими є знання з вищої математики, групи дисциплін авіаційного матеріалознавства і технологічного спрямування, фізики, хімії, програмування і чисельних методів, механіки руйнування, методів проектування ракет-носіїв, проектування двигунів ракето-космічних об'єктів.

Знання і вміння, які студенти отримують в процесі вивчення дисципліни "Проектування конструкцій з композиційних матеріалів" є однією з основ вивчення дисциплін орієнтованих на новітні технології в авіації і космонавтиці, також дозволяють студентам, в процесі написання магістерської дисертації виконувати розробку дипломної роботи на високому кваліфікаційному рівні.

## **3. Зміст навчальної дисципліни**

Теоретичний курс дисципліни складає 36 академічних годин і містить наступні розділи і теми: РОЗДІЛ 1. Особливості проектування виробів з композиційних матеріалів

Тема 1.1. Спільні особливості властивостей дисперсно-наповнених полімерних композиційних матеріалів

Тема 1.2. Загальні принципи проектування і розрахунку виробів з КМ

РОЗДІЛ 2. Типи і технологічні характеристики складових полімерних композиційних матеріалів

Тема 2.1. Зв'язуючі і армувальні складові в КМ, їх підготовка, приготування.

Тема 2.2. Приготування препрегів, розкрій напівфабрикатів з КМ.

РОЗДІЛ 3. Загальна характеристика методів виробництва КМ.

Тема 3.1. Основні технологічні стадії виробництва, їх послідовність

Тема 3.2. Виготовлення конструкцій із композиційних матеріалів

РОЗДІЛ 4. Обладнання і процеси для виробів з КМ

Тема 4.1. Основні методи формування заготовки або виробу із полімерних композитів

Тема 4.2. Обробка полімерних композиційних матеріалів

#### **4. Навчальні матеріали та ресурси**

Базова література:

1. Г. Е.Фрегер и др. Основы механики и технологии композиционных материалов- Учебное пособие. К., 2004.-524с.
2. Гайдачук В.Е., Карпов Я.С. Композиционные материалы в конструкциях летательных аппаратов. Учебное пособие. -Харьков: ХАИ, 1986.-478 с.
3. Гайдачук В.Е., Карпов Я.С., Кириченко В.В., Щербаков ВТ. Армирующие материалы и связующие для композитов: Учебное пособие. -Харьков: ХАИ, 1991. - 243 с.
4. Карпинос Д.М., Тучинский Л.И., Вишняков Л.Р. Новые композиционные материалы. - К.: Вища школа, 1977. - 312 с.
5. Механика композиционных материалов/Под ред. Дж. Сендецки/Пер. с англ.-М.: Мир, 1978.- Т.2.-564 с.

Додаткова література:

1. Композиционные материалы: Справочник/Под ред. В.В. Ваильева, Ю.М. Тарнопольского - М.: Машиностроение, 1990. - 256 с.
2. Композиционные материалы: Справочник/Под ред. В.В. Васильева. - М.: Машиностроение, 1990. - 510 с.
3. Симонов-Емельянов И.Д., Кулезнев В.Н. Основы создания композиционных материалов: Учебное пособие. - М.: МИХМ, 1986. 324 с.
4. Пластики конструкционного назначения/Под ред. Е.Б. Тростянской. - М.: Химия, 1974. - 304 с
5. Композиционные материалы: Справочник / Под ред. Карпинос Д.М. - К.: Наукова думка, 1985. -512 с.
6. Карпинос Д.М., Тучинский Л.И.,Сапожникова А.Б. Композиционные материалы в технике. - К.: Техника, 1985. - 152 с.
7. В.И. Онищенко. Технология металлов и конструкционные материалы. - М., Колос, 1984. – 398с.
8. Под редакцией Т.В. Самсонова. Физико-химические свойства окислов. – М. Металлургия, 1978. – 472с.

Електронні ресурси:

1. <https://arb.kpi.ua>.
2. <http://iat.kpi.ua>
3. <http://kpi.ua>.

Обов'язковими для прочитання є розділи з наведеної базової літератури, що тематично відповідають лекційному матеріалу. Факультативними з додаткової літератури є джерела 3, 5, 8, 9.

Довідкова література необхідна для проведення розрахунків на практичних заняттях.

### **Навчальний контент**

#### **5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)**

Дисципліна розрахована на викладання протягом одного семестра. Аудиторне навантаження складається з лекцій – 36 ак. год. і практичних занять - 18 ак. год. Аудиторні заняття

рівномірно розподілені протягом семестру, що дозволяє здобувачам вищої освіти планомірно організовувати і планувати свою роботу.

Метою лекцій з дисципліни «Проектування конструкцій з композиційних матеріалів» є набуття студентами багажу теоретичних знань які охоплюють всі стадії життя КМ: проектування, розробка технології виготовлення складових, технології виготовлення виробу, механічної обробки і контролю якості виробу неруйнівними і руйнівними методами. Особлива увага приділяється відмінності композиційних матеріалів від традиційних металевих, що вимагає від проектувальника особливих знань, які охоплюють різні галузі знань. Розуміння відмінності конструкції виробу з композиційних матеріалів внаслідок анізотропності механічних характеристик матеріалів і поєднання процесів створення виробів з технологічними процесами виробництва складових майбутнього композита. Лекційний матеріал рівномірно розподілений протягом навчального семестру.

Теоретична частина складається з 4 логічно пов'язаних тематичних розділів: 1 – Особливості проектування виробів з композиційних матеріалів (тема 1.1, тема 1.2); 2 – Типи і технологічні характеристики складових полімерних композиційних матеріалів (теми 2.1, 2.2); 3 - Загальна характеристика методів виробництва КМ (теми 3.1, 3.2); 4 – Обладнання і процеси для виробів з КМ (теми 4.1, 4.2) . Для підготовки до 1 розділу рекомендовано спиратися на джерела 1, 2 з числа базової літератури і джерела 1, 4 з числа додаткової літератури. Для підготовки до 2 розділу рекомендовано спиратися на джерела 1, 3, 4 з числа базової літератури і джерела 6,7 з числа додаткової літератури. Для підготовки до 3 розділу рекомендовано спиратися на джерела 3, 4 з числа базової літератури і джерела 4, 7 з числа додаткової літератури. Для підготовки до 4 розділу рекомендовано спиратися на джерела 2,4 з числа базової літератури і джерела 3, 4 з числа додаткової літератури.

Лекція 1: Композиційні матеріали в сучасній аерокосмічній галузі. Тенденції впровадження в конструкції, специфіка проектування і використання. (Тема1.1) Тема лекції вивчається самостійно.

Лекція 2: Полімери як матриці полімерних композиційних матеріалів (Тема 1.1)

Лекція 3: Характеристики властивостей наповнених полімерів (Тема 1.2)

Лекція 4: Волоконні наповнювачі. Адгезія в полімерних композиційних матеріалах (Тема 2.1)

Лекція 5: Вуглецеві волокна. Органічні волокна. Борні волокна. Їх властивості (Тема 2.1)

Лекція 6: Металеві і керамічні армуючі елементи (Тема 2.1)

Лекція 7: Склад зв'язуючих, їх затвердіння. Зв'язуючі на основі ненасичених складних ефірів. Епоксидні зв'язуючі (Тема 2.2)

Лекція 8: Реологічні властивості наповнених полімерів (Тема 2.2)

Лекція 9: Напруги в адгезиві і їх релаксація (Тема 3.1)

Лекція 10: Приготування зв'язуючих. Технологія підготовки армуючих елементів для формування. Пропитка армувальних елементів та наповнювачів (Тема 3.1)

Лекція 11: Технологічна підготовка до виробництва виробів з КМ (Тема 3.2)

Лекція 12: Інструмент і оснастка для виготовлення виробів із композитів. Форми для формування деталей. Технологічний процес формування (Тема 4.1)

Лекція 13: Методи пресування, контактного формування, формування еластичною оболонкою, намотування (Тема 4.1)

Лекція 14: Сендвічеві конструкції. Конструювання, технологія виробництва і контроль якості (Тема 4.1)

Лекція 15: Механічна обробка виробів із композитів (Тема 4.2)

Лекція 16: Визначення характеристик волокнистих армувальних елементів. Дослідження міжшарової міцності волокнистих композитів (Тема 4.2) Тема лекції вивчається самостійно.

Метою практичних занять є закріплення на практиці знань, отриманих на лекціях і набуття професійних знань з практичного використання теоретичного багажу. Студенти знайомляться з технологічними процесами отримання виробів із полімерних композиційних матеріалів, з їх механічною обробкою, з особливостями процесу різання КМ, особливостями інструментів для обробки, з впливом механічної обробки на властивості КМ. Навчаються розробляти технологічну оснастку для виготовлення виробів. Кожне практичне заняття проводиться протягом 2 ак. год. Практичні заняття рівномірно розподілені протягом навчального семестра і тематично пов'язані з лекційним матеріалом.

Тематика практичних занять:

Практичне заняття 1. Механічні характеристики КМ, специфіка проектування і з'єднання. (Тема 2.1)

Практичне заняття 2. Розрахунок механічних характеристик односпрямованих КМ, армованих безперервними волокнами. (Тема 2.1)

Практичне заняття 3. Розрахунок критичної довжини односпрямованих КМ при розтягу. (Тема 2.1)

Практичне заняття 4. Розрахунок деформацій і напружень в шарах ортогонально армованих композиційних. (Тема 3.2)

Практичне заняття 5. Метод пултрузії для виробництва елементів складної форми. (Тема 4.1)

Практичне заняття 6. Метод намотування при формуванні КМ. (Тема 4.1)

Практичне заняття 7. Методи виробництва сендвічевих композиційних матеріалів. (Тема 4.1)

Практичне заняття 8. Механічна обробка виробів з композиційних матеріалів. (Тема 4.1)

Практичне заняття 9. Методи руйнівного і неруйнівного контролю виробів з полімерних композиційних матеріалів. (Тема 4.2)

Календарний план організації навчального процесу представлено в таблиці 1.

Таблиця 1

№ тижня	№ лекції	№ практичного заняття
1	Лекція 1 (за переліком 2)	Практичне заняття 1
2	Лекція 2	
3	Лекція 3	Практичне заняття 2
4	Лекція 4	
5	Лекція 5	Практичне заняття 3
6	Лекція 6	
7	Лекція 7	Практичне заняття 4
8	Лекція 8	

9	Лекція 9	Практичне заняття 5
10	Лекція 10	
11	Лекція 11	Практичне заняття 6
12	Лекція 12	
13	Модульна контрольна робота	Практичне заняття 7
14	Лекція 13	
15	Лекція 14	Практичне заняття 8
16	Лекція 15	
17	Лекція 16	Практичне заняття 9
18	Залік	

## 6. Самостійна робота студента/аспіранта

Обсяг самостійної роботи протягом семестру складає 66 ак. год. Структура самостійної роботи наступна.

На самостійне опрацювання виносяться теми лекцій:

Лекція 1. Композиційні матеріали в сучасній аерокосмічній галузі. Тенденції впровадження в конструкції, специфіка проектування і використання (2 ак. год.). (Тема 1.1)

Лекція 16. Визначення характеристик волокнистих армувальних елементів. Дослідження міжшарової міцності волокнистих композитів (2 ак. год.). (Тема 4.2)

Протягом вивчення дисципліни студенти виконують Контрольну Роботу присвячену вибору оптимальних силових і геометричних характеристик двошарових ортогональноспрямованих композиційних матеріалів (10 ак. год.).

Підготовка до аудиторних занять (28 ак. год.).

Проведення розрахунків первинних даних отриманих на лабораторних заняттях (14 ак. год.)

Підготовка до заліку(10 ак.год.)

## Політика та контроль

### 7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Відвідування лекцій і практичних занять є обов'язковим і здійснюється за затвердженим розкладом або згідно з індивідуальним планом здобувача вищої освіти. В разі пропуску лекцій студент опрацьовує її електронний варіант і викладає основні положення у короткому рефераті. Відпрацювання пропущених практичних занять проводиться наприкінці семестру за окремим затвердженим графіком.

На аудиторних заняттях мобільні телефони мають бути відключені. Складні моменти тем, що виносяться на лекції можуть доручатися здобувачам вищої освіти для підготовки коротких доповідей до обговорень з метою збільшення активності слухачів. Завдання до виконання

практичних занять видаються кожному студенту індивідуально, захищаються на черговому за розкладом практичному занятті. Завдання оформлюються у вигляді звітів.

Контрольна робота видається на початку семестра індивідуально кожному студенту і захищається у вигляді письмово виконаної роботи, що містить розрахунки і необхідний графічний матеріал (рисунок, графіки тощо) індивідуально за окремим графіком.

На практичних заняттях технологічного спрямування демонструються навчальні відеофільми відповідної тематики, в тому числі підготовлені за участю здобувачів вищої освіти і з їх супроводженням і коментарями.

Питання, що мають дискусійний характер або можливості розв'язку різними методами, способами, технологіями підлягають обговоренню на практичних заняттях. Кожен з варіантів рішення проблеми готується відповідним доповідачем, а найкращий варіант визначається в процесі дискусійного обговорення групою.

Використовуєть наступні правила заохочувальних і штрафних балів.

За участь в інститутській олімпіаді з дисципліни нараховується 5 балів, за роботу з удосконалення дидактичного матеріалу з дисципліни нараховується 5 балів, за підготовку і супроводження навчального відеофільму нараховується 3 бали. За підготовку міні доповіді з варіативного і дискусійного питання нараховується 3 бали, за творчий підхід до роботи, активну участь в обговоренні тем, самостійний пошук тем: +1...4 балів.

За відсутність на практичному занятті без поважних причин знімається 2 бали. В разі визначення плагіату при виконанні контрольної роботи, або не самостійного виконання задач практичних занять їх результати анулюються.

## **8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)**

Рейтинг студента з дисципліни складається з балів, що він отримує за наступне:

- виконання і відповіді на практичних заняттях;
- виконання контрольної роботи;
- відповіді на екзамені.

Система рейтингових (вагових) балів та критерії оцінювання

### **1. Практичні семінари**

Ваговий бал – 4.

Максимальна кількість балів дорівнює 4 балів x 9 = 36 бали.

Критерії оцінювання:

- повне виконання завдання – 4;
- виконання, але теоретичні знання недостатні – 1...3;
- не підготовлений – 0.

### **2. Контрольна робота**

Ваговий бал – 8.

Максимальна кількість балів дорівнює 8 балів x 1 = 8 балів.

Критерії оцінювання:

- повне виконання завдання – 8;
- неповне виконання завдання – 3...6;
- незадовільне виконання – 0.

Штрафні та заохочувальні бали:

- творчий підхід до роботи, активна участь в обговоренні тем, самостійний пошук тем: +1...4 балів;
- відсутність пропусків лекцій без поважних причин: +2...4 бали;
- відсутність на практичному занятті без поважної причини: –2 бал.

Максимальна кількість заохочувальних та штрафних балів дорівнює 4.

Розрахунок шкали (R) рейтингу:

Сума вагових балів контрольних заходів протягом семестру складає:

$$R_C = 36 + 8 = 44 \text{ бали.}$$

Необхідною умовою допуску до заліку є виконання усіх практичних занять та КР.

### 3. Залік

Залікова складова шкали дорівнює 56 % від R, а саме 56 балів, і складається з теоретичної частини, що містить два питання з різних тем.

За кожне питання за умови вільного володіння матеріалом, відповіді на усі додаткові питання – 28 балів;

досить впевнене володіння матеріалом, неповні відповіді на додаткові питання – 20 балів;

невпевнена відповідь на основне питання, не має відповіді на додаткові питання – 10 балів;

не має відповіді на основне питання – 0 балів.

Таким чином, рейтингова шкала з дисципліни складає

$$R = R_C + R_E = 44 + 56 = 100 \text{ балів.}$$

Умови позитивної проміжної атестації у семестрі.

Для отримання "зараховано" з першої проміжної атестації (8 тиждень) студент матиме не менш, ніж 12 балів ( за умови, якщо на початок 8 тижня згідно з календарним планом контрольних заходів "ідеальний" студент має отримати 20 балів).

Для отримання "зараховано" з другої проміжної атестації (14 тиждень ) студент матиме не менш, ніж 24 бали ( за умови, якщо на початок 14 тижня згідно з календарним планом контрольних заходів "ідеальний" студент має отримати 40 балів).

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

<i>Кількість балів</i>	<i>Оцінка</i>
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

## 9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Перелік питань, які виносяться на семестровий контроль.

1. Класифікація композиційних матеріалів.
2. Залежність властивостей КМ від складових компонентів.
3. Переваги сучасних КМ.
4. Недоліки сучасних КМ.
5. Класифікація армувальних елементів.
6. Особливості проектування та впровадження виробів з композиційних матеріалів.
7. Переваги і недоліки термореактивних зв'язуючих.
8. Металеві армуючі елементи. Їх властивості..
9. Вуглецеві волокна. Їх властивості.
10. Органічні волокна. Їх властивості.



11. Метод автоклавного пружного формування.
12. Форми для формування деталей.
13. Дослідження фізико-механічних характеристик компонентів виробів із КМ.
14. Визначення характеристик волокнистих армувальних елементів.
15. Дослідження міжшарової міцності волокнистих композитів.
16. Акустичні методи контролю композиційних матеріалів
17. Теплові методи контролю
18. Електричні методи контролю якості
19. Руйнівні методи контролю композиційних матеріалів
20. Спеціальні методи контролю пластиків і композиційних матеріалів: на горючість, прозорість тощо

Дисципліна «Проектування конструкцій з композиційних матеріалів» відноситься до сучасних проблемно орієнтованих дисциплін, яка знаходиться на етапі становлення. Цей етап відрізняється різноманітністю підходів і можливістю активного творчого ставлення дослідників з можливістю впливати на подальший розвиток дисципліни. Розвиток теорії композиційних матеріалів і технологій їх виготовлення переживають на цей час бурний розвиток і випереджають темпи розвитку класичних конструкційних матеріалів в рази. Такі умови передбачають використання при опануванні дисципліни не лише запропонованої літератури, а і сучасних наукових статей, монографій і інших джерел інформації.

**Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):**

**Складено** професором кафедри АРБ д.т.н., професором Архиповим Олександром Геннадійовичем

**Ухвалено** кафедрою АРБ (протокол № 11 від 17.06.20)

**Погоджено** Методичною комісією ІАТ (протокол № 2 від 22.06.20)