



## НАЗВА КУРСУ

# Композитні матеріали та їх розрахунок на міцність

## Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

### Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Перший (бакалаврський)</i>
Галузь знань	<i>13 Механічна інженерія</i>
Спеціальність	<i>134 Авіаційна та ракетно-космічна техніка</i>
Освітня програма	<i>Інженерія авіаційних та ракетно-космічних програм</i>
Статус дисципліни	<i>Вибіркова</i>
Форма навчання	<i>очна(денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>3 курс, весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>120 год</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Залік</i>
Розклад занять	<i>В <a href="http://rozklad.kpi.ua/">http://rozklad.kpi.ua/</a> В розкладі представлено згідно РНП лекції- 2 год., 2 год практичних занять кожного тижня рівномірно протягом семестру</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: доктор технічних наук, професор Архипов Олександр Геннадійович, т.м. +380509879888, e-mail: arkhyrov@gmail.com Практичні: доктор технічних наук, професор Архипов Олександр Геннадійович, т.м. +380509879888, e-mail: arkhyrov@gmail.com
Розміщення курсу	<a href="#">Посилання на дистанційний ресурс (Moodle, Google classroom, тощо)</a>

### Програма навчальної дисципліни

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

В аерокосмічній галузі протягом декількох десятиріч намітилися стала тенденція використовувати композиційні матеріали замість традиційних металів і сплавів. Це обумовлено унікальними характеристиками, технологічністю і здатністю створювати певні вироби під конкретну задачу, що враховує особливості застосування: кліматичні, навантаження, ресурс тощо. При цьому досягається суттєва економія не лише маси, а і кількості окремих елементів в виробі. Всі наведені фактори обумовили те, що сучасні літальні апарати мають в своєму складі агрегати які містять до 90% виробів з композиційних матеріалів. Процес заміни металів на композиційні матеріали 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; уявлення про технологічні процеси отримання виробів із полімерних композиційних матеріалів і як це може впливати на характеристики виробу, зокрема механічні.

Предметом навчальної дисципліни "Композитні матеріали та їх розрахунок на міцність" є процеси, правила, технології виготовлення складових (армуючих елементів, зв'язуючих тощо) і виробів з них та методик розрахунку на міцність та жорсткість. Складність задачі полягає в необхідності передбачати залежність властивостей виробів з композиційних матеріалів від характеристик вхідних компонентів та структурно-технологічних параметрів.

Вивчення цієї дисципліни вимагає наявності у студентів професійних навичок користування персональним комп'ютером, а також володіння основними методами програмування. Для опанування навчального курсу "Композитні матеріали та їх розрахунок на міцність" базовими є знання з вищої математики, фізики, хімії, програмування і чисельних методів.

Знання і вміння, які студенти отримують в процесі вивчення дисципліни "Композитні матеріали та їх розрахунок на міцність" є однією з основ вивчення дисциплін орієнтованих на проектування конструкцій літальних апаратів, що дозволяє самостійно розробляти нові методи автоматизованого проектування елементів конструкції складних технічних об'єктів, виконувати розробку дипломної роботи на високому кваліфікаційному рівні.

Як програмний продукт результату навчання здобувач вищої освіти набуває наступні компетентності: вміння проводити роботи з підготовки виробництва об'єктів ракетно-космічної техніки з використанням новітніх технологій, вести кваліфікований вибір класу матеріалів для елементів конструкцій авіаційної та ракетно-космічної техніки, проводити оптимізацію елементів систем об'єктів авіаційної та ракетно-космічної техніки.

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

Пререквізитами дисципліни курсу "Композитні матеріали та їх розрахунок на міцність" є дисципліни «Фізика», «Хімія», «Авіаційні матеріали та технології».

Постреквізитами дисципліни "Композитні матеріали та їх розрахунок на міцність" є курси «Спеціальні розділи механіки композитних матеріалів, «Проектування та оптимізація систем літальних апаратів», що дозволяє студенту, а надалі і молодому фахівцю, ефективно проводити технічні дослідження, представляти свої наукові і технічні розробки.

## **3. Зміст навчальної дисципліни**

Теоретичний курс дисципліни складає 36 ак. год. і містить наступні розділи і теми:

РОЗДІЛ 1. Загальна характеристика композиційних матеріалів

Тема 1.1. Класифікація і структура композиційних матеріалів

Тема 1.2. Армуючі матеріали і матриці. Їх роль в складі КМ

Тема 1.3. КМ аерокосмічної галузі

РОЗДІЛ 2. Проектування конструкцій аерокосмічної галузі

Тема 2.1. Правила проектування виробів в аерокосмічній галузі

Тема 2.2 Проектування моношарових конструкцій.

Тема 2.3. Проектування багатшарових конструкцій.

РОЗДІЛ 3. Технологічні процеси отримання виробів із полімерних композиційних матеріалів

Тема 3.1. Технології і процеси виготовлення КМ

#### 4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література:

1. Композитні та порошкові матеріали: навчальний посібник / П.П. Савчук, В.П. Кашицький, М.Д. Мельничук, О.Л. Садова; за заг. ред. П.П. Савчука. – Луцьк: Видавець: ФОП Теліцин О.В., 2017. – 368 с.
2. Технологія виробництва літальних апаратів із композиційних матеріалів: навчальний посібник / В.Є. Гайдачук, В.Д. Гречка, В.Н. Кобрін, Г.А. Молодцов. – Харків: ХАІ, 2009. - 382 с.
3. Проектування і конструкція ракет-носіїв / За загальною редакцією академіка С.М. Конюхова. – Дніпропетровськ: ДНУ, 2007. – 504 с.
4. Опір матеріалів / Шваб'юк В.І. Опір матеріалів: Підручник. – К.: Знання, 2016. – 400 с.
5. Технологія виробництва літальних апаратів із композиційних матеріалів / С.А. Бичков, О.В. Гайдачук, В.Є. Гайдачук, В.Д. Гречка, В.м. Кобрін. К.: ІСДО, 2005. – 376 с.
6. Проектування пластмасових виробів: навчальний посібник / В.Т. Мякухіна, В.П. Єрешко. - Луганськ: Видавництво СНУ, 2011. – 224 с.

Додаткова література:

1. Полімерні композиційні матеріали: навчальний посібник / Г.Ф. Джурка. – Полтава: Видавництво ПДПУ, 2008. -54 с.
2. Полімерні композиційні матеріали конструкційного призначення. / В.Ф. Забашта, Г.О. Кривцов, В.Г. Боднар. – К.: 2003. -160 с.

Інформаційні ресурси

1. <https://ki.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 1.

### Навчальний контент

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

Дисципліна розрахована на викладання протягом одного семестра. Аудиторне навантаження складається з лекцій – 36 ак. год., практичних занять – 18 ак. годин, лабораторних робіт - 18 ак. год.

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

Метою лекцій з дисципліни «Композитні матеріали та їх розрахунок на міцність» є набуття студентами багажу теоретичних знань які дозволяють обґрунтовано вести розрахунки на міцність, жорсткість та стійкість елементів конструкцій виготовлених із КМ, розуміти основні технологічні технологічні процеси виготовлення складових ламінатів і виробів з них. Лекційний матеріал рівномірно розподілений протягом навчального семестру.

Теоретична частина складається з 2 логічно пов'язаних тематичних розділів: 1 - Загальна характеристика композиційних матеріалів (теми 1.1 – 1.3); 2 - Проектування конструкцій

аерокосмічної галузі (теми 2.1 - 2.3); 3 - Технологічні процеси отримання виробів із полімерних композиційних матеріалів (тема 3.1).

Для підготовки до 1 розділу рекомендовано спиратися на джерела 1, 2, 3, 5 з числа базової літератури і джерела 1, 2 з числа додаткової літератури. Для підготовки до 2 розділу рекомендовано спиратися на джерела 2, 3, 4 з числа базової літератури і джерело 2 з числа додаткової літератури. Для підготовки до 3 розділу рекомендовано спиратися на джерела 2, 5 з числа базової літератури і джерела 1, 2 з числа додаткової літератури.

Лекція 1: Класифікація і структура КМ. Матриці. (Тема 1.1)

Лекція 2: Армуючі матеріали в складі КМ (Тема 1.2 )

Лекція 3: Тканинні армуючі матеріали (Тема 1.2)

Лекція 4. Вуглець-вуглецеві і керамічні композиційні матеріали (Тема 1.3)

Лекція 5. Гібридні композиційні матеріали (Тема 1.3)

Лекція 6. Стільникові композиційні матеріали (Тема 1.3)

Лекція 7: Загальні правила проєктування аерокосмічної техніки. Розрахункові схеми і навантаження (Тема 2.1)

Лекція 8: Моделі відмов з причин міцності та умови міцності елементів ракетної техніки (Тема 2.1)

Лекція 9: Вплив температури і вологи на механічні характеристики композиційних матеріалів (Тема 2.1)

Лекція 10: Ламінати. Однонаправлений шар і багат шаровий композит (Тема 2.2)

Лекція 11: Напруження і деформація моношару (Тема 2.2)

Лекція 12: Проєктування моношару (Тема 2.2)

Лекція 13: Міцність багат шарового композиційного матеріалу (Тема 2.3)

Лекція 14: Розрахунок на стійкість багат шарових конструкцій (Тема 2.3)

Лекція 15: Проєктування конструкцій із багат шарових композиційних матеріалів (Тема 2.3)

Лекція 16: Проєктувальний розрахунок обшивки (Тема 2.3)

Лекція 17: Технології виготовлення силових елементів з композиційних матеріалів (Тема 3.1)

Лекція 18: Технології виготовлення не полімерних композиційних матеріалів (Тема 3.1)

Метою практичних занять є закріплення на практиці знань, отриманих на лекціях і набуття професійних знань з практичного використання теоретичного багажу. Практичні заняття орієнтовані на опанування методів розрахунку на міцність і жорсткість КМ. Практичні заняття рівномірно розподілені протягом навчального семестра і тематично пов'язані з лекційним матеріалом.

Тематика практичних занять:

Практичне заняття 1. Визначення масових характеристик Композиційних матеріалів (2 ак. год.)

Практичне заняття 2. Розрахунок пружних констант односпрямованих композитів, армованих безперервними волокнами.(2 ак. год.)

Практичне заняття 3. Розрахунок границі міцності односпрямованих композитів при розтягу залежно від довжини волокон.(2 ак. год.)

Практичне заняття 4. Розрахунок деформації і напружень в шарах ортогонально армованих композиційних матеріалів (2 ак. год.).

Практичне заняття 5. Розрахунок деформацій і напружень в композиційних матеріалах, армованих ортогональними і перехресними шарами (2 ак. год.).

Практичне заняття 6. Проєкування регулярної зони конструкції за умовами забезпечення статичної міцності (2 ак. год).

Практичне заняття 7. Проєкування виробів із композиційних матеріалів за умовами забезпечення живучості конструкції (2 ак. год.).

Практичне заняття 8. Критерії руйнування. Розрахунок на міцність за наявності пошкоджень (2 ак. год.).

Практичне заняття 9.

Лабораторні роботи орієнтовані на вивчення технологічних процесів виготовлення виробів із КМ та технологічних операцій які це забезпечують. Кожна робота проводиться протягом 2 ак. год. Виконанню лабораторної роботи передують теоретична підготовка і допуск викладачем кожного здобувача вищої освіти до роботи після проходження вхідного контролю знань.

Тематика лабораторних робіт:

Лабораторна робота 1. Особливості проєкування та впровадження виробів з композиційних матеріалів. (Тема )

Лабораторна робота 2. Механічні з'єднання композиційних матеріалів

Лабораторна робота 3. Клеєві з'єднання композиційних матеріалів

Лабораторна робота 4. Процеси контактного формування виробів з ПКМ

Лабораторна робота 5. Процеси виробництва металевих композиційних матеріалів

Лабораторна робота 6. Формування переходу від регулярної зони конструкції до зони з'єднання. (2 ак. год).

Лабораторна робота 7. Технологія виготовлення шпангоутів із композиційних матеріалів в ракетобудуванні. (2 ак. год).

Лабораторна робота 8. Спеціальне обладнання і інструмент для виробництва виробів з КМ. (Тема )

Лабораторна робота 9. Неруйнівні методи контролю полімерних композиційних матеріалів. (Тема )

Для підготовки до виконання лабораторних робіт використовуються джерела 1, 2, 3 з числа базової літератури і джерело 1, 2 з числа додаткової літератури.

## **6. Самостійна робота студента/аспіранта**

Обсяг самостійної роботи протягом семестру складає 48 ак. год. Структура самостійної роботинаступна.

Підготовка до аудиторних лекційних занять (10 ак. год.)

Підготовка до аудиторних практичних занять (9 ак. год.)

Підготовка до лабораторних робіт (9 ак. Год.)

Виконання Контрольної роботи (10 ак. год.)

Підготовка до заліку (10 ак.год.)

## **Політика та контроль**

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

Відвідування лекцій, практичних занять є обов'язковим і здійснюється за затвердженням розкладом або згідно з індивідуальним планом здобувача вищої освіти. В разі пропуску з поважних причин лекцій студент опрацьовує її електронний варіант і викладає основні положення

у короткому рефераті. Відпрацювання пропущених практичних робіт 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 або дискусійних питань до обговорень з метою збільшення активності слухачів.

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

Використовуєть наступні правила заохочувальних і штрафних балів.

За участь в інститутській олімпіаді з дисципліни нараховується від 5 до 10 балів, за роботу з удосконалення дидактичного матеріалу з дисципліни нараховується 5 балів, за активну участь в обговоренні складних тем +1...4 балів.

В разі визначення плагіату при виконанні контрольної роботи її результати анулюються.

Політика і принципи академічної доброчесності визначені у розділі 3 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут» ім. І. Сікорського. Детальніше: <https://kpi.ua/code>.

Норми етичної поведінки аспірантів і працівників університету визначені у розділі 2 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут» ім. І. Сікорського. Детальніше: <https://kpi.ua/code>.

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

Поточний контроль: експрес-опитування за темою заняття, контрольні роботи.

Календарний контроль: провадиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.

Семестровий контроль: залік.

Умови допуску до семестрового контролю: виконана Контрольна робота; семестровий рейтинг більше 30 балів.

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

- виконання і відповіді на лабораторних роботах;
- виконання і відповіді на практичних заняттях;
- виконання контрольної роботи;
- відповіді на заліку.

Система рейтингових (вагових) балів та критерії оцінювання

### **1. Лабораторні роботи**

Ваговий бал – 2.

Максимальна кількість балів дорівнює  $2 \times 9 = 18$  балів.

Критерії оцінювання:

повне виконання завдання – 2;

виконання, але теоретичні знання недостатні – 1;

не підготовлений – 0.

### **2. Практичні заняття**

Вагомий бал – 2.

Максимальна кількість балів дорівнює  $2 \times 9 = 18$  балів

Критерії оцінювання:

повне виконання завдання – 2;

виконання, але теоретичні знання недостатні – 1;

не підготовлений – 0.

2. Контрольна робота

Ваговий бал – 8.

Максимальна кількість балів дорівнює 8 балів  $\times 1 = 8$  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:

$$R_C = 18 + 18 + 8 = 44 \text{ бала.}$$

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

3. Залік

Залікова складова шкали дорівнює 56 % від R, а саме 56 бала, 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 бал;

досить впевнене володіння матеріалом, неповні відповіді на додаткові питання – 25 бали;

непевнена відповідь на основне питання, не має відповіді на додаткові питання – 20 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)

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

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

**Ухвалено** кафедрою КІ (протокол № 15 від 07.06.2023)

**Погоджено** Методичною комісією НН ІАТ (протокол № 6 від 22.06.2023)