

Міністерство освіти і науки України
Національний аерокосмічний університет
«Харківський авіаційний інститут»

Кафедра композиційних конструкцій та авіаційного матеріалознавства (№ 403)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Гарант освітньої програми

 Віталій МІРОШНИКОВ

29.08.2025

СИЛАБУС
ОБОВ'ЯЗКОВОЇ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Композитні конструкції в АРКТ

(назва навчальної дисципліни)

Галузь знань: G Інженерія, виробництво та будівництво

(шифр і найменування галузі знань)

Спеціальність: G9 Прикладна механіка

(код і найменування спеціальності)

Освітня програма: Динаміка і міцність машин

(найменування освітньої програми)

Рівень вищої освіти: другий (магістерський)

Силабус введено в дію з 01.09.2025

Харків – 2025 р.

Розробники:

доцент кафедри композиційних конструкцій
та авіаційного матеріалознавства (№ 403)

к.т.н., доцент


(підпис)

Федір ГАГАУЗ

Силабус навчальної дисципліни розглянуто на засіданні кафедри композиційних конструкцій та авіаційного матеріалознавства (№403), протокол № 1 від 26.08.2025.

В.о. завідувача кафедри 403

к.т.н., доцент


(підпис)

Федір ГАГАУЗ

Погоджено з представником здобувачів освіти:


(підпис)

Олексій АРХИПЕНКО

1. Загальна інформація про викладача



Гагауз Федір Миронович

Посада: доцент кафедри композиційних конструкцій та авіаційного матеріалознавства

Науковий ступінь: кандидат технічних наук

Вчене звання: доцент

Перелік дисциплін, які викладає:

- Комп'ютерні методи розрахунку конструкцій ракетно-космічної техніки
- Композитні конструкції в авіаційній та ракетно-космічній техніці
- Механіка та міцність конструкцій з композитів
- Інженерний аналіз композитних конструкцій

Напрями наукових досліджень:

- Механіка та міцність композитних конструкцій
- Проектування та оптимізація композитних конструкцій
- Моделювання композитних конструкцій методом скінченних елементів

Контактна інформація: e-mail: f.gagauz@khai.edu

2. Опис навчальної дисципліни

Форма здобуття освіти	Денна, заочна
Семестр	2
Мова викладання	Українська
Тип дисципліни	Обов'язкова
Обсяг дисципліни: кредити ЄКТС / кількість годин	<u>денна</u> : 5 кредитів ЄКТС / 150 годин (64 аудиторних, з яких: лекції – 32, практичні – 32; СРЗ – 86); <u>заочна</u> : 5 кредитів ЄКТС / 150 годин (8 аудиторних, з яких: лекції – 4, практичні – 4; СРЗ – 142)
Види навчальної діяльності	Лекції, практичні заняття, розрахунково-графічна робота; самостійна робота
Види контролю	Поточний контроль, модульний контроль, семестровий контроль – іспит
Пререквізити	Застосування МСЄ в лінійних задачах механіки
Кореквізити	–
Постреквізити	Кваліфікаційна робота
Примітки: СРЗ – самостійна робота здобувача	

3. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета: формування у здобувачів освіти теоретичних та практичних знань для вирішення інженерних задач, пов'язаних з проектуванням та виробництвом елементів конструкцій авіаційної та ракетно-космічної техніки з композиційних матеріалів.

Завдання: вивчення загальних принципів проектування та конструювання типових елементів авіаційної та ракетно-космічної техніки з композиційних матеріалів, інженерних методів аналізу напруженого стану композитних конструкцій, особливостей технологічних процесів виробництва композитних конструкцій.

Компетентності, які набуваються:

Інтегральна компетентність: Здатність розв'язувати складні задачі і проблеми у прикладній механіці або у процесі навчання, що передбачає проведення досліджень та/або здійснення інновацій та характеризується невизначеністю умов і вимог.

Загальні компетентності:

- ЗК1. Здатність виявляти, ставити та вирішувати інженерно-технічні та науково-прикладні проблеми;
- ЗК2. Здатність використовувати інформаційні та комунікаційні технології;
- ЗК6. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.

Спеціальні компетентності:

- ФК1. Здатність застосовувати відповідні методи і ресурси сучасної інженерії для знаходження оптимальних рішень широкого кола інженерних задач із застосуванням сучасних підходів, методів прогнозування, інформаційних технологій та з урахуванням наявних обмежень за умов неповної інформації та суперечливих вимог;
- ФК2. Здатність описати, класифікувати та змоделювати широке коло технічних об'єктів та процесів, що ґрунтується на глибокому знанні та розумінні теорій та практик механічної інженерії, а також знаннях суміжних наук.

Програмні результати навчання:

- ПРН1. Застосовувати спеціалізовані концептуальні знання новітніх методів та методик проектування, аналізу і дослідження конструкцій, машин та/або процесів в галузі машинобудування та суміжних галузях знань;
- ПРН2. Розробляти і ставити на виробництво нові види продукції, зокрема виконувати дослідно-конструкторські роботи та/або розробляти технологічне забезпечення процесу їх виготовлення;
- ПРН3. Застосовувати системи автоматизації для виконання досліджень, проектно-конструкторських робіт, технологічної підготовки та інженерного аналізу в машинобудуванні.

4. Зміст навчальної дисципліни

МОДУЛЬ 1

Змістовий модуль 1. Елементи механіки композиційних матеріалів

Тема 1. Місце композитів в сучасній аерокосмічній галузі

Розглядається предмет вивчення та основні завдання дисципліни, що стосуються композитних матеріалів та їх застосування в авіаційній та ракетно-космічній техніці (АРКТ). Значна увага приділяється перспективам впровадження композитів у сучасні та майбутні конструкції аерокосмічної галузі. Здобувачі освіти ознайомлюються з базовими поняттями про композити, їх класифікацією та загальними фізико-механічними властивостями. Окремо розглядаються армувальні та матричні матеріали, їх характеристики, критерії вибору та сфери застосування. Формуються знання, необхідні для розуміння структури, функціонування та ефективного використання композитних матеріалів в умовах жорстких експлуатаційних вимог АРКТ.

Теми лекційний занять: Предмет вивчення і задачі дисципліни. Перспективи застосування композитів в АРКТ. Основні поняття про композити. Класифікація композитів та загальні їх властивості. Армувальні та матричні матеріали, їх властивості, вибір та застосування.

Теми практичних занять: Дослідження впливу армування симетричного композита на пружні характеристики. Вивчення властивостей волокнистих армувальних матеріалів, які використовуються під час виробництва композитів. Приготування полімерних матричних матеріалів для ПКМ, визначення їхніх технологічних параметрів.

Самостійна робота: опрацювання матеріалу лекцій; підготовка до практичних робіт і виконання завдань; підготовка до модульного контролю.

Тема 2. Основні положення механіки армованих матеріалів

Вивчення базових положень механіки армованих композитних матеріалів, які лежать в основі проектування та аналізу сучасних композитних конструкцій. Розглядаються методи визначення пружних та міцнісних характеристик шаруватих композитів з урахуванням анізотропії та особливостей будови матеріалу. Особливу увагу приділено впливу структурних параметрів – таких як тип армування, орієнтація волокон, кількість шарів та властивості матриці – на експлуатаційні характеристики композитів. Отримані знання дозволяють оцінювати поведінку композитних конструкцій під різними навантаженнями, що є необхідним для їх ефективного застосування в авіаційній, ракетній та космічній техніці.

Теми лекційний занять: Базові положення механіки армованих матеріалів. Визначення пружних та міцнісних характеристик шаруватих композитів. Вплив структурних параметрів матеріалу на властивості композитних конструкцій.

Теми практичних занять: Залежність властивостей односпрямованих композиційних матеріалів від характеристик компонентів і ступеня армування. Методика визначення пружних констант шаруватого композиту. Визначення міцнісних властивостей шаруватого ортотропного композита.

Самостійна робота: опрацювання матеріалу лекцій; підготовка до практичних робіт і виконання завдань; підготовка до модульного контролю.

Модульний контроль 1. Модульний контроль проводиться у вигляді тестування на ЕОМ. Комплекс тестових завдань складається з 20 питань за наведеними вище темами змістового модулю 1.

Змістовний модуль 2. Проектування композитних конструкцій

Тема 3. Принципи проектування композитних конструкцій

Тема охоплює ключові принципи проектування композитних конструкцій з урахуванням специфіки їх структури та властивостей. Розглядаються диференційний і інтегральний підходи до проектування, а також межі їх застосування при проектуванні елементів конструкцій АРКТ. Вивчаються основи проектування типових конструктивних елементів із композитів, зокрема стержнів, тяг, балок та оболонок, з урахуванням технології їх виготовлення. Певна увага приділяється вивченню впливу структурних параметрів композитів на міцність, жорсткість і стійкість конструкцій. Отримані знання формують основу для раціонального проектування надійних та легких композитних елементів конструкцій АРКТ та інших галузей високотехнологічного машинобудування.

Теми лекційний занять: Принципи проектування композитних конструкцій: диференційний і інтегральний принципи проектування. Основи проектування типових конструктивних елементів з композитів. Особливості проектування композитних стержнів і тяг. Проектування композитних балок. Особливості проектування композитних оболонок. Вплив структурних параметрів матеріалу на властивості композитних конструкцій.

Теми практичних занять: Проектування композитних стержнів і тяг. Розрахунок на міцність композитних балок. Проектування композитних балок. Проектування намотаних оболонок обертання при довільному навантаженні. Проектування підкріплених композитних панелей.

Самостійна робота: опрацювання матеріалу лекцій; підготовка до практичних робіт і виконання завдань; підготовка до модульного контролю.

Тема 4. Технологічні процеси виробництва композитних конструкцій

Ознайомлення здобувачів освіти з технологічними процесами виробництва композитних конструкцій. Розглядаються основні та допоміжні технологічні процеси, а також базові поняття, що стосуються формування композитних виробів. Вивчаються типові методи формоутворення, зокрема викладання, напилення, пултрузія, намотування, вакуумне та вакуум-автоклавне формування, а також методи просочення під вакуумом і під тиском. Особливу увагу приділено технічним і технологічним аспектам реалізації з'єднань композитних конструкцій, що є критичними для забезпечення їхньої міцності, надійності та довговічності.

Теми лекційний занять: Технологічний процес виробництва композитних конструкцій. Основні та допоміжні процеси. Основні поняття технологічних процесів. Методи формоутворення композитних конструкцій: викладання,

напилення, пултрузія та намотування. Метод вакуумного формування. Метод вакуум-автоклавного формування. Просочення під вакуумом та просочення під тиском. Проблеми реалізації з'єднань композитних конструкцій.

Теми практичних занять: Заповнювачі для тришарових (сендвічевих) конструкцій. Визначення технологічних параметрів формування композитних конструкцій. Аналіз міцності точкового механічного з'єднання метал-композит.

Самостійна робота: опрацювання матеріалу лекцій; підготовка до практичних робіт і виконання завдань; підготовка до модульного контролю.

Модульний контроль 2. Модульний контроль проводиться у вигляді тестування на ЕОМ. Комплекс тестових завдань складається з 20 питань за наведеними вище темами змістового модулю 2.

5. Індивідуальні завдання

Курс передбачає виконання індивідуальної розрахунково-графічної роботи (РГР). Тема РГР: «Прогнозування несної здатності композитної панелі». Результат розрахунків оформлюється у письмовий звіт.

6. Методи навчання

Проведення лекцій, практичних занять, індивідуальні консультації (при необхідності).

7. Методи контролю

Проведення поточного контролю виконання завдань до практичних робіт, модульний контроль у вигляді тестування за темами змістовних модулів, підсумковий (семестровий) контроль у вигляді іспиту.

8. Критерії оцінювання та розподіл балів, які отримують здобувачі

8.1. Розподіл балів, які отримують здобувачі освіти (кількісні критерії оцінювання)

Складові навчальної роботи	Бали за одне заняття (завдання)		Кількість занять (завдань)	Сумарна кількість балів	
	min	max		min	max
Змістовий модуль 1					
Практичні роботи	3	5	6	18	30
Модульний контроль 1	6	10	1	6	10
Всього за змістовим модулем				24	40
Змістовий модуль 2					
Практичні роботи	3	5	8	24	40
Модульний контроль 2	6	10	1	6	10
Розрахунково-графічна робота	6	10	1	6	10
Всього за змістовим модулем				36	60
Всього за семестр				60	100

Семестровий контроль (іспит) проводиться у разі відмови здобувача освіти від балів підсумкового контролю й за наявності допуску до іспиту. Під час складання семестрового іспиту студент має можливість отримати максимум 100 балів. Іспит проводиться у вигляді тестування на ЕОМ. Екзаменаційний тест складається з 50 питань. Максимальна кількість балів за кожну правильну відповідь на питання екзаменаційного тесту – 2 бали.

8.2. Шкала оцінювання: бальна і традиційна

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

8.3. Критерії оцінювання роботи студента протягом семестру (якісні критерії оцінювання)

Задовільно (60...74). Показати мінімум знань та умінь. Здати практичні роботи та РГР та пройти модульні тести. Знати основні поняття у предметній галузі та сучасний стан розвитку матеріалів, а також основні типи перспективних матеріалів. Вміти ґрунтовно обирати матеріали.

Добре (75...89). Твердо знати мінімум, виконати всі модульні завдання та здати практичні роботи та РГР. Знати основні поняття у предметній галузі та сучасний стан розвитку матеріалів, а також основні типи перспективних матеріалів. Вміти ґрунтовно обирати матеріали. Вміти обирати технологічний процес для виробництва певної конструкції. Орієнтуватися у властивостях та особливостях матеріалів, принципах керування характеристиками композитів.

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.

9. Політика навчального курсу

Відвідування занять. Інтерактивний характер курсу не передбачає обов'язкового відвідування практичних занять. Здобувачі освіти, які за певних обставин не можуть відвідувати практичні заняття регулярно, повинні до початку тижня підсумкового контролю здати звіти з пропущених практичних робіт. Обов'язковим контрольним заходом є виконання розрахунково-графічної роботи.

Дотримання вимог академічної доброчесності. Під час вивчення навчальної дисципліни здобувачі освіти мають дотримуватися загальноприйнятих морально-етичних норм і правил поведінки, вимог академічної доброчесності, передбачених Положенням про академічну доброчесність Національного аерокосмічного університету «Харківський

авіаційний інститут» (<https://khai.edu/assets/files/polozhennya/polozhennya-pro-akademichnu-dobrochesnist.pdf>). Очікується, що роботи здобувачів освіти будуть їх оригінальними дослідженнями або міркуваннями. Відсутність посилань на використані джерела, фабрикування джерел, списування, втручання в роботу інших здобувачів освіти становлять, але не обмежують, приклади можливої академічної недоброчесності. Виявлення ознак академічної недоброчесності в письмовій роботі здобувача освіти є підставою для її незарахування викладачем незалежно від масштабів плагіату чи обману.

Вирішення конфліктів. Порядок і процедури врегулювання конфліктів, пов'язаних із корупційними діями, зіткненням інтересів, різними формами дискримінації, сексуальними домаганнями, міжособистісними стосунками та іншими ситуаціями, що можуть виникнути під час навчання, а також правила етичної поведінки регламентуються Кодексом етичної поведінки в Національному аерокосмічному університеті «Харківський авіаційний інститут» (<https://khai.edu/assets/files/univer-sogodni/kodeks-etichnoi-povedinki-1.pdf>).

10. Методичне забезпечення

Презентації лекційного матеріалу; методичні вказівки до виконання практичних робіт. Посилання на курс у системі дистанційного навчання Ментор: <https://mentor.khai.edu/course/view.php?id=8265>.

11. Рекомендована література та інформаційні ресурси

Базова література:

1. Технологія виробництва літальних апаратів із композиційних матеріалів / С. А. Бичков, В. Є. Гайдачук, О. В. Гайдачук та ін. – Київ: ІСДО, 1995.
2. Композитні конструкції в авіаційній та ракетно-космічній техніці: навч. посіб. до практ. робіт /Ф.М. Гагауз,С.П. Кривенда, О.О. Вамболь, І.М. Тараненко, В.М. Павленко. – Харків: Нац. аеро-косм. ун-т «Харків. авіац. ін-т», 2025.
3. Інженерне матеріалознавство. Metalli, полімери, кераміка, композити : підручник / Я. С. Карпов, В. В. Остапчук, О. Г. Попова, І. М. Тараненко; за ред. Я. С. Карпова. - Харків. - Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського "Харків. авіац. ін-т", 2020.
4. Advanced Composite Materials for Aerospace Engineering Processing, Properties and Applications. Edited by Sohail Rana and Raul Figueiro. Woodhead Publishing is an imprint of Elsevier; 2016.
5. Ahmad K. Elshennawy, Gamal S. Weheba. Manufacturing Processes & Materials, 5th Edition / Ahmad K. Elshennawy, Gamal S. Weheba – Society of Manufacturing Engineers (SME), 2015.

Допоміжна література:

1. Mazumdar, S. Composites Manufacturing: Materials, Product, and Process Engineering (1st ed.). / S. Mazumdar. – CRC Press, 2001.
2. Kelly, A., & Zweben, C. Comprehensive composite materials. (1st ed.) / A. Kelly, & C. Zweben – Elsevier Science, 2000.