



НАЗВА КУРСУ

Композитні матеріали та їх розрахунок на міцність Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	Перший (бакалаврський)
Галузь знань	13 Механічна інженерія
Спеціальність	134 Авіаційна та ракетно-космічна техніка
Освітня програма	Інженерія авіаційних та ракетно-космічних систем
Статус дисципліни	Обов'язкова
Форма навчання	очна (денна)
Рік підготовки, семестр	3 курс, другий семестр
Обсяг дисципліни	120 год.
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Залік
Розклад занять	Згідно розкладу на сайті університету: roz.kpi.ua
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: к.т.н. Конотоп Дмитро Ігорович, konotop.dmitriy@gmail.com , тел. +38(050)7781208, к.т.н., доцент Казакевич Михайло Леонідович, m_kazakevich@ukr.net , тел. +38(050)3864311 Лабораторні: к.т.н. Конотоп Дмитро Ігорович, konotop.dmitriy@gmail.com , тел. +38(050)7781208, к.т.н., доцент Казакевич Михайло Леонідович, m_kazakevich@ukr.net , тел. +38(050)3864311
Розміщення курсу	https://classroom.google.com/c/MzgxNDUzMzczODE5?cjc=tyfgbkn

Програма навчальної дисципліни

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

Навчальна дисципліна спрямована на вивчення загальних принципів, що лежать в основі технологій виробництва та використання композиційних матеріалів в аерокосмічній галузі та загальних концепцій підвищення якості комплексу властивостей матеріалів. В аерокосмічній галузі за останні 50 років при виробництві переважної більшості агрегатів відбувається заміщення металів і їх сплавів сучасними конструкційними матеріалами – композиційними матеріалами. Це обумовлено їх високими показниками питомої міцності, високою технологічністю виробництва, що дозволяє суттєво зменшити масо-габаритні характеристики, втілити в одному виробі цілий ряд окремих деталей з композитних матеріалів різної класифікації. При цьому їх виробництво відзначається високою продуктивністю і в переважній більшості має за мету покращення міцнісних характеристик. Всі наведені фактори обумовило те, що сучасні літальні апарати мають в своєму складі конструкції, які містять до 90% виробів з композитних матеріалів, що говорить про важливість і перспективність опанування цієї дисципліни.

Програму навчальної дисципліни “Композитні матеріали та їх розрахунок на міцність” складено відповідно до освітньо-професійної програми підготовки бакалавра спеціальності 134 «Авіаційна та ракетно-космічна техніка».

Навчальна дисципліна належить до циклу професійної та практичної підготовки. Основною метою при вивченні навчальної дисципліни являється формування у здобувачів освіти інженерної професійної авіаційної підготовки з урахуванням сучасного стану літакобудування та перспектив розвитку авіаційного транспорту.

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 матеріалів для літаків, ракет та вертольотів, уявлення про технологічні процеси отримання виробів та засвоєння методів оцінки міцності авіаційних конструкцій відповідно до норм міцності та жорсткості.

Предметом навчальної дисципліни "Композитні матеріали та їх розрахунок на міцність" є процеси формування, структура, технології виготовлення та перспективи розвитку застосування їх в літальних апаратах в залежності від характеристик вхідних компонентів та структурно-технологічних параметрів. Базові знання основних тенденцій сучасних методів розрахунку на міцність конструкцій деталей, вузлів і агрегатів, вирішення задачі стосовно забезпечення міцності виробів з композиційних матеріалів

Вивчення цієї дисципліни вимагає наявності у студентів професійних навичок користування персональними комп'ютерами, 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 перспективи розвитку впровадження композитних матеріалів у конструкціях літальних апаратів, що дозволяє самостійно проводити розрахунки на міцність і розробляти нові методи автоматизованого проектування елементів конструкції складних технічних об'єктів, виконати курсові та дипломну роботу 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 характеристик об'єктів авіаційної та ракетно-космічної техніки.

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

Для опанування начального курсу "Композитні матеріали та їх розрахунок на міцність" базовими є знання з курсів «Вищої математики», «Фізики», «Хімії». Найбільш ключові базові знання полягають на положеннях групи дисциплін авіаційного матеріалознавства і технологічного спрямування.

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 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: Композитні матеріали: структури, технології та їх властивості. Типи і технологічні характеристики складових композиційних матеріалів. Композиційні матеріали в сучасній аерокосмічній галузі.

Лекція 1: Композиційні матеріали в сучасній аерокосмічній галузі.

Лекція 2: Полімери як матриці полімерних композиційних матеріалів

Лекція 3: Характеристики властивостей наповнених полімерів

Лекція 4: Волоконні наповнювачі. Адгезія в полімерних композиційних матеріалах

Лекція 5: Вуглецеві волокна. Органічні волокна. Борні волокна. Їх властивості

Лекція 6: Металеві і керамічні армуючі елементи

Лекція 7: Склад зв'язуючих, їх затвердіння. Зв'язуючі на основі ненасичених складних ефірів.

Епоксидні зв'язуючі

Лекція 8: Реологічні властивості наповнених полімерів

Лекція 9: Напруги в адгезиві і їх релаксація

Лекція 10: Приготування зв'язуючих. Технологія підготовки армуючих елементів для формування. Властивості армувальних елементів та наповнювачів.

Лекція 11: Технологічна підготовка до виробництва виробів з КМ. Основні технологічні стадії виробництва, їх послідовність

Лекція 12: Інструмент і оснастка для виготовлення виробів із композитів. Технологічний процес формування

Лекція 13: Методи пресування, контактного формування, формування еластичною оболонкою, намотування.

Лекція 14: Механічна обробка виробів із композитів.

Лекція 15: Сендвічеві конструкції. Конструювання, технологія виробництва і контроль якості

Лекція 16: Визначення характеристик волокнистих армувальних елементів.

Лекція 17: Дослідження міжшарової міцності волокнистих композитів.

Лекція 18: Тенденції впровадження композитних матеріалів в конструкції, специфіка проектування і використання.

Тематика лабораторних занять:

1. Огляд методів неруйнівного контролю. Техніка безпеки щодо виконання лабораторних робіт.
2. Загальні питання дефектоскопії та промислового застосування засобів неруйнівного контролю.
3. Питання діагностики та ремонту аерокосмічних конструкцій. Види дефектів та комплексні системи контролю якості продукції.
4. Основи теплових методів та засоби контролю. Особливості неруйнівного контролю композитних конструкцій.
5. Методи та засоби контролю герметичності окремих конструкцій літака.
6. Методи та засоби магнітопорошкового контролю. Вивчення капілярних властивостей та їх використання.
7. Основи методу та засоби візуально-оптичного неруйнівного контролю. Течешукання.
8. Основи методу та засоби ультразвукового методу неруйнівного контролю.
9. Основи методу та засоби вихрострумowego методу неруйнівного контролю.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література:

1. Г.Е.Фрегер та ін. Основи механіки та технології композиційних матеріалів- Навчальний посібник. Київ: Арістей, 2004.-524с.
2. Василь Копань. Композиційні матеріали. Посібник. -К.: Пульсари, 2004.-196 с.
3. В.М.Гарнець, В.М.Коваленко. Конструкційне матеріалознавство. К.: Либіль, 2007, 384 с.
4. Гайдачук В.Е., Карпов Я.С. Композиційні матеріали в конструкціях летальних апаратів. Навчальний посібник. -Харків: ХА, 1986.-478 с.
5. Гайдачук В.Е., Карпов Я.С, Кириченко В.В., Щербаков ВТ. Армуючі матеріали та зв'язуючі для композитів: Навчальний посібник. -Харків: ХАІ, 1991. - 243 с.
6. Карпинос Д.М., Тучинський Л.И., Вишняков Л.Р. Нові композиційні матеріал. - К.: Вища школа, 1977. - 312 с.
7. «Авіаційні матеріали та їх технології». Конспект лекцій. Ю. В. Ключников, О. Т. Сердітов, В. Л. Дубнюк. КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. Електронне мережне навчальне видання
https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/48971/2/Aviatsiini_materialy.pdf
8. О.М. Князев. Композиційні матеріали у ракетобудуванні.
https://elartu.tntu.edu.ua/bitstream/lib/27439/2/VII_MNTK_2018v1_Kniazev_O_M-Composite_materials_in_33-34.pdf
9. Механіка руйнування і міцність матеріалів. Під редак. В.В. Панасюка. Львів: ФМІ ім. Г.В. Карпенка, 2006.
10. Ресурс и долговічність авіаційної техніки. Игнатович С.Р. та ін.. К.: НАУ, 2015.
11. Механіка руйнування та міцність матеріалів. Т.4. Усталість та циклічна трещиностійкість конструкційних матеріалів. Романив О.Н. та ін. К.: Наукова думка, 1990.
12. Бублик Г. Ф. Фізичні процеси в приладах і системах: Навч. посібник. — К.: Либідь, 1997.-200 с.

Додаткова література:

1. Челюканов І.П.,Савельев Г.В. Конструкція літаків: конспект лекцій.-К.:НАУ, 2004.-188с
2. Конструкція літальних апаратів. Підручник. А . П . Бойко, О . В .Мамлюк, Ю . М . Терещенко, В . М . Цибенко, К . Вища освіта, 2001- 383с

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.

Довідкова література необхідна для проведення розрахункових робіт на практичних заняттях.

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Дисципліна розрахована на викладання протягом одного семестра. Навантаження складається з лекцій і практичних занять - 72 ак. год разом. 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 з композитних матеріалів. Особлива увага приділяється відмінності композиційних матеріалів від традиційних металевих, що вимагає від проектувальника особливих знань, які охоплюють методи розрахунків на міцність. 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 та практичні заняття рівномірно розподілені протягом навчального семестру.

Теоретична частина складається з 2 логічно пов'язаних тематичних розділів: 1 – Композитні матеріали: структура, технології та їх властивості. Типи і технологічні характеристики складових композиційних матеріалів. Композиційні матеріали в сучасній аерокосмічній галузі. ; 2 – . Загальні принципи проектування і розрахунку виробів з КМ

Метою практичних занять є закріплення на практиці знань, отриманих на лекціях і набуття професійних знань з практичного використання теоретичного багажу. Студенти опанують методи оцінки міцності авіаційних конструкцій відповідно до норм міцності та жорсткості та виконають розрахунки за наданими завданнями. Практичні заняття рівномірно розподілені протягом навчального семестру і тематично пов'язані з лекційним матеріалом.

Тематика лабораторних занять:

1. Огляд методів неруйнівного контролю. Техніка безпеки щодо виконання лабораторних робіт.
2. Загальні питання дефектоскопії та промислового застосування засобів неруйнівного контролю.
3. Питання діагностики та ремонту аерокосмічних конструкцій. Види дефектів та комплексні системи контролю якості продукції.
4. Основи теплових методів та засоби контролю. Особливості неруйнівного контролю композитних конструкцій.
5. Методи та засоби контролю герметичності окремих конструкцій літака.
6. Методи та засоби магнітопорошкового контролю. Вивчення капілярних властивостей та їх використання.
7. Основи методу та засоби візуально-оптичного неруйнівного контролю. Течешукання.
8. Основи методу та засоби ультразвукового методу неруйнівного контролю.
9. Основи методу та засоби вихрострумowego методу неруйнівного контролю.

Календарний план організації навчального процесу представлено в таблиці 1.

Таблиця 1

№ тижня	№ лекції	Лабораторне заняття
1	Лекція 1	Лабораторне заняття 1
2	Лекція 2	
3	Лекція 3	Лабораторне заняття 2
4	Лекція 4	
5	Лекція 5	Лабораторне заняття 3
6	Лекція 6	
7	Лекція 7	Лабораторне заняття 4
8	Лекція 8	
9	Лекція 9	Лабораторне заняття 5
10	Лекція 10	
11	Лекція 11	Лабораторне заняття 6
12	Лекція 12	
13	Лекція 13	Лабораторне заняття 7
14	Лекція 14	
15	Лекція 15	Лабораторне заняття 8
16	Лекція 16	
17	Лекція 17	Лабораторне заняття 9
18	Лекція 18	Атестація
19		ЗАЛІК

6. Самостійна робота студента/аспіранта

Обсяг самостійної роботи протягом семестру складає 62 ак. год. Структура самостійної роботи наступна.

Протягом вивчення дисципліни студенти готують 2 реферати та виконують Контрольну Роботу, присвячену вибору оптимальних силових і геометричних характеристик двохшарових ортогональноспрямованих композиційних матеріалів (10 ак. год.).

Підготовка до лекційних занять (21 ак. год.).

Проведення розрахунків первинних даних отриманих на лабораторних заняттях (21 ак. год.)

Підготовка до екзамену (10 ак.год.)

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Методи і критерії оцінювання, вимоги:

Методи і критерії оцінювання: – поточний контроль знань здобувачів освіти (50 %): у вигляді написання тестових завдань, письмове виконання та захист практичних робіт; – підсумковий контроль (залік) знань здобувачів освіти (50 %): письмово-усна форма. Вимоги: до підсумкового контролю допускаються здобувачі освіти, які успішно написали поточні контрольні роботи (тестування), виконали та захистили практичні роботи

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

Використовує 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. Лабораторні

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 екзамену є виконання усіх практичних занять та КР.

3. Екзамен

Екзаменаційна 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 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:

Кількість балів	Оцінка
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. Переваги і недоліки термореактивних зв'язуючих.
5. Класифікація армувальних елементів.
6. Особливості проектування та впровадження виробів з композиційних матеріалів.
7. Дослідження фізико-механічних характеристик компонентів виробів із КМ.

Дисципліна «Композитні матеріали та їх розрахунок на міцність» 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, технологій їх виготовлення та розрахунки на міцність переживають на цей час перспективний 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: *к.т.н. Конотоп Дмитро Ігорович, к.т.н., доцент Казакевич Михайло Леонідович*

Ухвалено кафедрою авіа- та ракетобудування (протокол № 7 від 22.09.2023)

Погоджено Методичною комісією ІАТ (протокол № _7/23 від 25.09.2023)