



НАЗВА КУРСУ

Конструкції літальних апаратів.

Лабораторний практикум_Неруйнівний контроль 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	2 курс(бакалавр), осінній семестр
Обсяг дисципліни	36 год.
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Залік
Розклад занять	Згідно розкладу на сайті університету: rozklad.kpi.ua
Мова викладання	Українська, англійська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Викладач: к.хім.н.,с.н.с. Казакевич Михайло Леонідович, kazakevich.m@gmail.com , тел. +38(050)3864311
Розміщення курсу	Проектування конструкцій з композиційних матеріалів (google.com)

Програма навчальної дисципліни

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

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

Ресурс аерокосмічної техніки безпосередньо пов'язаний з попередньою історією конструювання, виробництва та технічної діагностики виробів. Лабораторний практикум «Методи неруйнівного контролю авіаційних та ракетних конструкцій» має надати систематизовані уявлення про методи неруйнівного контролю з метою врахування ресурсних вимог в процесі конструювання авіаційних та ракетних виробів. Лабораторний практикум «Методи неруйнівного контролю авіаційних та ракетних конструкцій» має на меті надати систематизовані уявлення про принципи неруйнівного контролю, як галузі науки і техніки, про методи контролю авіаційної техніки і виявлення пошкоджень конструкцій, які знижують ресурс їх працездатності і дозволяють корегувати конструювання.

Основна увага приділяється методам та засобам аналізу стану аерокосмічних конструкцій, оцінки переваг та недоліків у їх застосуванні, оптимізації вибору методу неруйнівного контролю під час діагностики відповідної конструкції аерокосмічного об'єкту та умов контролю.

Задачі практикуму:

- сформувати системні уявлення про методи неруйнівного контролю, ознайомитися з технологією робіт з неруйнівного контролю та прогнозуванням залишкового ресурсу конструкцій, засвоїти основні інженерні методики проведення неруйнівного контролю, які впроваджені у технічну діагностику та мають на меті оптимізацію аерокосмічних конструкцій. 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 "**Конструкції ЛА**" є процеси, правила, технології неруйнівного контролю та технічної діагностики виробів ЛА.

Вивчення цієї дисципліни вимагає наявності у студентів професійних навичок користування персональними комп'ютерами, а також володіння основними методами програмування. Для опанування навчального курсу "**Конструкції ЛА**" базовими є знання з вищої математики, фізики, хімії, програмування і чисельних методів.

Знання і вміння, які студенти отримують в процесі вивчення дисципліни "**Конструкції ЛА**" є однією з основ вивчення дисциплін орієнтованих на проектування та технічну діагностику конструкцій літальних апаратів, що дозволяє самостійно розробляти нові методи автоматизованого проектування елементів конструкції складних технічних об'єктів.

Дисципліна доповнює програмні результати освітньої програми бакалавра: 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 формувати 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)

Для опанування навчального курсу "**Конструкції ЛА**" 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 "**Конструкції ЛА**" є однією з основ вивчення дисциплін орієнтованих на новітні технології в авіації і космонавтиці, також дозволяють студентам виконувати розробку дипломної роботи на високому кваліфікаційному рівні.

1. Зміст навчальної дисципліни

Теоретико-практичний курс дисципліни складає 18 академічних годин і містить наступні розділи і теми:

Неруйнівний контроль конструкцій.

Загальні питання промислового застосування засобів неруйнівного контролю. Види дефектів та комплексні системи контролю якості продукції.

Питання діагностики та ремонту окремих аерокосмічних конструкцій. Методи та засоби течешукування окремих конструкцій літака.

Методи та засоби магнітопорошкового контролю. Вивчення капілярних властивостей та їх використання. Основи методу та засоби візуально-оптичного неруйнівного контролю.

Основи методу та засоби ультразвукового методу неруйнівного контролю. Основи методу та засоби вихроstromового методу неруйнівного контролю.

Основи теплових методів та засоби контролю.

Особливості технічної діагностики КМ.

Виробнича практика застосування методів неруйнівного контролю в авіації (Запланована екскурсія в ДП «АНТОНОВ»).

Метою лабораторних занять є закріплення на практиці знань, отриманих на лекціях і набуття професійних знань з практичного використання теоретичного багажу. Студенти знайомляться з технологічними процесами неруйнівного контролю та технічної діагностики конструкцій ЛА. Кожне теоретико-практичне та лабораторне заняття проводиться протягом 2 ак. год. Лабораторні заняття рівномірно розподілені протягом навчального семестру і тематично пов'язані з лекційним матеріалом.

Тематика лабораторних занять:

Огляд методів неруйнівного контролю. Техніка безпеки щодо виконання лабораторних робіт.

Загальні питання дефектоскопії та промислового застосування засобів неруйнівного контролю.

Питання діагностики та ремонту аерокосмічних конструкцій. Види дефектів та комплексні системи контролю якості продукції.

Основи теплових методів та засоби контролю. Особливості неруйнівного контролю композитних конструкцій.

Методи та засоби контролю герметичності окремих конструкцій літака.

Методи та засоби магнітопорошкового контролю.

Вивчення капілярних властивостей та їх використання.

Основи методу та засоби візуально-оптичного неруйнівного контролю. Течошукування.

Основи методу та засоби акустичного методу неруйнівного контролю.

Основи методу та засоби вихрострумового методу неруйнівного контролю.

Навчальні матеріали та ресурси

Неруйнівний контроль (НК) є важливим елементом системи промислової безпеки, який виконують з метою експертизи виробничих об'єктів. Під НК розуміють перевірку відповідності об'єкта технічним вимогам конструкції без порушення придатності об'єкту до застосування. НК проводять не тільки для подовження терміну експлуатації відповідного авіавиробу, натомість й для оптимізації його конструкції. Підготовка з напряду знань щодо неруйнівного контролю авіаційних та космічних конструкцій проводиться за встановленими стандартизованими вимогами. Ці вимоги сформульовано за освітніми стандартами України, а також за галузевою міжнародною та європейською нормативно-технічною документацією.

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. «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
6. 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
7. Механіка руйнування і міцність матеріалів. Під редак. В.В. Панасюка. Львів: ФМІ ім. Г.В. Карпенка, 2006.

8. Ресурс и долговечность авиационной техники. Игнатович С.Р. и др. К.: НАУ, 2015.
9. Механика разрушения и прочность материалов. Т.4. Усталость и циклическая трещиностойкость конструкционных материалов. Романов О.Н. и др. К.: Наукова думка, 1990.
10. Стороженко В. К., Вавилов В. П. и др. Неразрушающий контроль качества промышленной продукции активным тепловым методом. — К.: Техніка, 1988.
11. Лабораторний практикум з дисципліни «Оптичний, тепловий та радіохвильовий контроль». — Івано-Франківськ: ІФДТУНГ, 1997.
12. Методичні вказівки для виконання курсового проекту з дисципліни «Оптичний, тепловий та радіохвильовий контроль». — Івано-Франківськ: ІФДТУНГ, 1997.
13. Маєвський С. М., Бабак В. П., Щербак Л. М. Основа побудови систем аналізу сигналів у неруйнівному контролі: Навч. посібник для студ. вузів, які навчаються за спец «Фізичні методи та прилади інтроскопії». — К.: Либідь, 1993. — 200 с.
14. Храмов В. А. Первинні вимірювальні перетворювачі вимірювальних приладів і автоматичних систем: Навч. посібник. — К.: Вища школа, 1998. — 527 с.
15. Бублик Г. Ф. Фізичні процеси в приладах і системах: Навч. посібник. — К.: Либідь, 1997.-200 с.
16. Білокур І. П. Основи дефектоскопії: Підручник. — К.: «Азимут-Україна», 2004. — 496 с.
17. Білокур І. П. Елементи дефектоскопії при вивченні неруйнівного контролю. — К.: НМК ВО, 1990. — 252 с.

Додаткова література:

18. Неразрушающий контроль качества строительных конструкций, В.А.Троицкий, В.П.Радько, В.Г.Демидко, В.Г.Бобров, К., Техника, 1986.159 с.
19. Справочник по оборудованию для дефектоскопии сварных швов, Троицкий В.А., Боровиков А.С., Радько В.П. и др. - К.: Техника, 1987.-126 с.
20. Краткое пособие по контролю качества сварных соединений. Издание второе.Троицкий В.А., К., 1997. - 224 с.
21. ДСТУ EN ISO 9934-1. Неразрушающий контроль. Магнитопорошковый контроль. Часть 1. Общие требования.
22. ДСТУ EN ISO 9934-2. Неразрушающий контроль. Магнитопорошковый контроль. Часть 2. Средства контроля.
23. ДСТУ EN ISO 3059:2007 Неруйнівний контроль. Капілярний та магнітопорошковий контроль. Умови огляду
24. ДСТУ EN 10228-1:2005 Контроль поковок из стали неразрушающий. Часть 1. Контроль магнитопорошковый
25. ДСТУ EN ISO 9712:2014 «Неруйнівний контроль. Кваліфікація та сертифікація персоналу неруйнівного контролю». // 2016. — 43 с.
26. ДСТУ EN 4179:2017 «Аерокосмічна серія. Кваліфікація і атестація персоналу для неруйнівного контролю». // 2017. — 31 с.
27. SNT-TC-1A «Personnel Qualification and Certification in Nondestructive Testing» // The American Society for Nondestructive Testing. — 2011. — 40 p.
28. III науково-технічна конференція “НК в контексті асоційованого членства України в ЄС” 17-19 вересня 2019 року, м. Київ, Україна

29. ISO/TR 25107:2018 «Non-destructive testing – NDT training syllabuses» // Published in Switzerland. – 2018. – 108 p.
30. Андреев О.В. Докторська дисертація. НАУ, 2020 (УДК 629.735.33/621.763) https://nau.edu.ua/download/specrada/dis_%D0%90%D0%BD%D0%B4%D1%80%D0%B5%D0%B5%D0%B2.pdf
31. Композитні та порошкові матеріали: навчальний посібник / П.П. Савчук, В.П. Кашицький, М.Д. Мельничук, О.Л. Садова; за заг. ред. П.П. Савчука. [Рукопис] – Луцьк: Видавець: ФОП Теліцин О.В., 2017. – 368 с. <https://lib.lntu.edu.ua/sites/default/files/2021-02/%D0%9A%D0%9E%D0%9C%D0%9F%D0%9E%D0%97%D0%98%D0%A2%D0%9D%D0%86%20%D0%A2%D0%90%20%D0%9F%D0%9E%D0%A0%D0%9E%D0%A8%D0%9A%D0%9E%D0%92%D0%86%20%D0%9C%D0%90%D0%A2%D0%95%D0%A0%D0%86%D0%90%D0%9B%D0%98.pdf> \
32. Казакевич, М. Л. Механіка матеріалів і конструкцій. Лабораторний практикум (Частина 2) [Електронний ресурс] : навч. посіб. для здобувачів ступеня бакалавра за спеціальністю 134 Авіаційна та ракетно-космічна техніка / М. Л. Казакевич, В. В. Сухов, О. Г. Архипов ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 1,5 МБайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 84 с. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/56897>

Електронні ресурси:

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

Навчальний контент

2. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Дисципліна розрахована на викладання протягом одного семестра. Аудиторне навантаження складається з теоретико-практичних – 18 ак. год. Та лабораторних занять – 18 ак. год. Аудиторні заняття рівномірно розподілені протягом семестру, що дозволяє здобувачам вищої освіти планомірно організовувати і планувати свою роботу.

Метою теоретико-практичних занять з дисципліни "Конструкції ЛА" є набуття студентами багажу теоретичних знань які охоплюють всі аспекти неруйнівного контролю: основи методів та засоби контролю якості виробу неруйнівними методами, матеріали конструкцій та види дефектів складових літального апарату. 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 та врахування у конструкції ЛА ризиків, пов'язаних з експлуатацією.

Теоретико-практичний матеріал рівномірно розподілений протягом навчального семестру.

Теоретико-практичне заняття 1: Особливості технічної діагностики ЛА. Загальні підходи у неруйнівному контролі конструкцій ЛА

Теоретико-практичне заняття 2: Огляд методів неруйнівного контролю. Техніка безпеки щодо виконання лабораторних робіт.

Теоретико-практичне заняття 3: Вивчення капілярних властивостей та їх використання, як засобів «зеленої (екологічної) хімії»

Теоретико-практичне заняття 4: Види дефектів та комплексні системи контролю якості продукції. Основи методу та засоби магнітопорошкового контролю.

Теоретико-практичне заняття 5: Вивчення капілярних властивостей та їх використання. Основи методу та засоби візуально-оптичного неруйнівного контролю.

Теоретико-практичне заняття 6: Основи методу та засоби візуально-оптичного неруйнівного контролю

Теоретико-практичне заняття 7: Неруйнівні методи контролю виробів з композиційних матеріалів. Композиційні матеріали в сучасній аерокосмічній галузі. Тенденції впровадження в конструкції, специфіка неруйнівного контролю композитів з вуглецевими матеріалами.

Теоретико-практичне заняття 8: Основи вихрострумового методу неруйнівного контролю. Характеристики і особливості

Теоретико-практичне заняття 9: Акустичний (Ультразвуковий, імпедансний) методи неруйнівного контролю авіаційних конструкцій. Методи та засоби течешукання окремих конструкцій літака. контроль герметичності

Теоретико-практичне заняття 10: Загальні питання промислового застосування засобів неруйнівного контролю. Виробнича практика застосування методів неруйнівного контролю в авіації (Запланована екскурсія в ДП «АНТОНОВ»).

Метою лабораторних занять є закріплення на практиці знань, отриманих на лекціях і набуття професійних знань з практичного використання теоретичного багажу. Студенти знайомляться з технологічними процесами неруйнівного контролю, з їх обробкою та підготовкою зразків, з особливостями процесу НК КМ, особливостями інструментів та обладнання, з видами дефектів різних складових конструкції ЛА. Кожна лабораторна робота проводиться протягом 2 ак. год. Лабораторні заняття рівномірно розподілені протягом навчального семестру і тематично пов'язані з лекційним матеріалом.

Метою лабораторних занять є закріплення на практиці знань, отриманих на Теоретико-практичних заняттях і набуття професійних знань з практичного використання теоретичного матеріалу. Студенти знайомляться з технологічними процесами технічної діагностики та неруйнівного контролю авіа- та космічних конструкцій, особливості неруйнівної діагностики композиційних конструкцій аерокосмічних виробів.

Тематика лабораторних занять:

1. Загальні методичні вказівки до виконання лабораторного практикуму. Капілярний неруйнівний контроль авіаційних конструкцій.
2. Магнітопорошковий контроль конструкцій ЛА.
3. Візуально-оптичний неруйнівний контроль деталей авіаційних конструкцій
4. Вимірювання температури за допомогою пірометра
5. Вихрострумовий метод неруйнівного контролю авіаційних конструкцій
6. Ультразвуковий метод неруйнівного контролю
7. Методи течешукання окремих конструкцій літака та контроль проникаючими речовинами

Календарний план організації навчального процесу представлено в таблиці 1.

Таблиця

1

№ тижня	№ Теоретико-практичного заняття	№ лабораторної роботи
1	Теоретико-практичне заняття 1	

2	Теоретико-практичне заняття 2	
3	Теоретико-практичне заняття 3	
4		Лабораторна робота 1
5	Теоретико-практичне заняття 4	
6		Лабораторна робота 2
7	Теоретико-практичне заняття 5	
8		Лабораторна робота 3
9	Теоретико-практичне заняття 6	
10		Лабораторна робота 4
11	Теоретико-практичне заняття 7	
12		Лабораторна робота 5
13	Теоретико-практичне заняття 8	
14		Лабораторна робота 6
15	Теоретико-практичне заняття 9	
16		Лабораторна робота 7
17	Виробнича практика застосування методів неруйнівного контролю в авіації (Запланована екскурсія в ДП «АНТОНОВ»).	
18	ЗАЛІК	

3. Самостійна робота студента/аспіранта

Обсяг самостійної роботи протягом семестру складає 45 ак. год. Структура самостійної роботи наступна.

На самостійне опрацювання виносяться робота з теоретичним матеріалом (14 ак. год.) та реферати з тем Теоретико-практичних занять, змістом яких є відповіді на контрольні запитання по кожному теоретико-практичному заняттю (21 ак. год.).

Підготовка до лабораторних занять (5 ак. год.).

Підготовка до заліку (5 ак. год.).

4. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Відвідування теоретико-практичних і лабораторних занять є обов'язковим і здійснюється за затвердженим розкладом або згідно з індивідуальним планом здобувача вищої освіти. В разі пропущення теоретико-практичних занять студент опрацьовує її електронний варіант. Відпрацювання пропущених лабораторних занять проводиться наприкінці семестру за окремим затвердженим графіком.

На аудиторних заняттях мобільні телефони мають бути відключені. Складні моменти тем, що виносяться на розгляд можуть доручатися здобувачам вищої освіти для підготовки коротких доповідей до обговорень з метою збільшення активності слухачів. Завдання до виконання практичних занять видаються в електронному форматі, захищаються на черговому за розкладом практичному занятті. Завдання оформлюються у вигляді, передбаченому Інструкціями, які знаходяться в лабораторії.

Контрольні запитання до рефератів оприлюднюються у Кампусі КПІ на початку семестру кожному студенту і захищається у вигляді письмово виконаної роботи, що містить розрахунки і необхідний графічний матеріал (рисунки, графіки тощо) та надсилається викладачу в електронному вигляді.

На лабораторних заняттях студент заповнює журнал за вказаними вимогами Інструкції щодо виконання лабораторної роботи.

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

Використовуються наступні правила заохочувальних і штрафних балів.

За участь в інститутській олімпіаді з дисципліни нараховується 5 балів, за підготовку реферату нараховується 4-7 балів. 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: 5-7 балів.

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

5. 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 лабораторної роботи;

Система рейтингових (вагових) балів та критерії оцінювання

1. Практичні роботи

Ваговий бал – 4.

Максимальна кількість балів дорівнює $4 \text{ балів} \times 9 = 36 \text{ бали}$.

Критерії оцінювання:

повне виконання завдання – 4;

виконання, але теоретичні знання недостатні – 1...3;

не підготовлений – 0.

2. Лабораторна робота

Ваговий бал – 4.

Максимальна кількість балів дорівнює $4 \text{ балів} \times 7 = 28 \text{ балів}$.

Критерії оцінювання:

повне виконання завдання – 4;

виконання, але теоретичні знання недостатні – 1...3;

не підготовлений – 0.

Штрафні та заохочувальні бали:

творчий підхід до роботи, активна участь в обговоренні тем, самостійний пошук тем: +1...4 балів;

Максимальна кількість заохочувальних та штрафних балів дорівнює 4.

Розрахунок шкали (R) рейтингу:

Необхідною умовою допуску до заліку є виконання усіх практичних та лабораторних робіт.

3. Залік

Складається з теоретичної частини (реферати за темою) та оцінки за журнал щодо виконання лабораторних робіт

6. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Перелік питань, які виносяться на семестровий контроль.

1. Дослідження фізико-механічних характеристик компонентів конструкцій ЛА.
2. Тепловий контроль композитних авіаконструкцій.
3. Руйнівні методи контролю композиційних матеріалів для ЛА.

Дисципліна « Конструкції ЛА . Лабораторний практикум» відноситься до сучасних проблемно орієнтованих дисциплін, яка знаходиться на етапі становлення в напрямі технічної діагностики конструкцій ЛА з композиційних матеріалів. 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 впровадження 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: *к.хім.н., с.н.с. Казакевич Михайло Леонідович*

Ухвалено кафедрою авіа- та ракетобудування (протокол № 10 від 16.06.2023)

Погоджено Методичною комісією ІАТ (протокол № 6 від 22.06.2023)