



## НАЗВА КУРСУ

# Неруйнівний контроль та діагностика елементів ЛА

## 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>4 курс, осінній 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., 1 год. практичних занять, 1 год. лабораторних робіт</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: доктор технічних наук, професор Архипов Олександр Геннадійович, т.м. +380509879888, e-mail: <a href="mailto:arkhypov@gmail.com">arkhypov@gmail.com</a> Практичні: доктор технічних наук, професор Архипов Олександр Геннадійович, т.м. +380509879888, e-mail: <a href="mailto:arkhypov@gmail.com">arkhypov@gmail.com</a> Лабораторні роботи: доктор технічних наук, професор Архипов Олександр Геннадійович, т.м. +380509879888, e-mail: <a href="mailto:arkhypov@gmail.com">arkhypov@gmail.com</a>
Розміщення курсу	<i><a href="#">Посилання на дистанційний ресурс (Moodle, Google classroom, тощо)</a></i>

### Програма навчальної дисципліни

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

Дисципліна "Неруйнівний контроль та діагностика елементів ЛА" є однією з складових науки про надійність і безпеку експлуатації авіаційної і ракетно-космічної техніки. Інженери-механіки за термін свого навчання постійно розглядають ці важливі питання, поступово поглиблюючи свої знання. Така увага пояснюється необхідністю забезпечення високої надійності аерокосмічної техніки, її складністю і високими експлуатаційними навантаженнями. Надійність розробки літальних апаратів забезпечується своєчасною діагностикою систем літальних апаратів, вибором необхідних конструкційних матеріалів, технологій їх обробки і оптимізацією конструктивних елементів за відповідними критеріями.

Всі ці фактори вимагають від спеціалістів глибоких знань з дисциплін орієнтованих на оцінювання поточного стану планера і систем літаків та ракет. Однією з таких дисциплін є «Неруйнівний контроль та діагностика елементів ЛА».

Метою навчальної дисципліни є формування у студентів базових теоретичних знань та практичного досвіду щодо обґрунтованої побудови систем діагностики, моніторингу і контролю для оцінювання стану вузлів літальних апаратів, використання методів дефектоскопії як складової діагностики складних технічних систем.

Предметом навчальної дисципліни "Неруйнівний контроль та діагностика елементів ЛА" є надійність і безпека експлуатації об'єктів аерокосмічної галузі. В підсумку опанування курсу здобувачі вищої освіти мають опанувати загальні принципи побудови і організації діагностичних систем, мати навички роботи з сучасною вимірювальною технікою.

Програмними результатами навчання є отримання у майбутнього фахівця знання: основних правил вибору діагностичного обладнання залежно від структури і особливостей конструкції систем літальних апаратів, розуміння можливостей і особливості використанні наявних методів діагностики.

Як програмний продукт результату навчання здобувач вищої освіти набуває наступні компетентності: здатність призначати оптимальні діагностичні прилади і системи, знати методи обробки отриманої інформації, здатність до подальшого автономного та самостійного навчання на основі новітніх науково-технічних досягнень.

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

Пререквізитами дисципліни курсу "Неруйнівний контроль та діагностика елементів ЛА" є дисципліни «Фізика», «Хімія», «Основи електротехніки».

Отримані знання в процесі вивчення дисципліни "Неруйнівний контроль та діагностика елементів ЛА" будуть використанні при виконанні бакалаврської роботи. В майбутньому це 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. Діагностика. Руйнівний і неруйнівний контроль.

Тема 1.1. Діагностика і дефектоскопія, основи методологічного підходу

Тема 1.2. Дефекти металу і їх класифікація

РОЗДІЛ 2. Дефектоскопія металів і композиційних матеріалів

Тема 2.1. Діагностування поверхневих і підповерхневих дефектів

Тема 2.2. Діагностування внутрішніх дефектів

Тема 2.3. Електрохімічний моніторинг

РОЗДІЛ 3. Діагностика вузлів і агрегатів ракетної техніки

Тема 3.1. Технічна діагностика в аерокосмічній галузі

Тема 3.2. Газовий аналіз в аерокосмічній галузі

Тема 3.3. Діагностування структури і механічних характеристик конструкційних матеріалів

Тема 3.4. Контроль герметичності агрегатів і трубопроводів

Тема 3.5. Діагностування енергетичних установок

Тема 3.6. Елементи теорії технічної діагностики

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

Базова література:

1. Технічна діагностика матеріалів і конструкцій. Довідниковий посібник у 8 томах. – Львів: Видавництво Простор – М, 2016.
2. О. М. Нечипоренко. Основи надійності літальних апаратів. Навчальний посібник. К.: НТУУ «КПІ», 2010. – 240 с
3. Ресурс і довговічність авіаційної техніки. Ігнатович С.Р. та інш. К.: НАУ, 2015. - 215 с.

Додаткова література:

1. Технічне діагностування гідравлічних приводів. Андренко П.М., Лебедєв А.Ю., Свиначенко М.С. – Харків: Видавничий центр НТУ «ХПІ», 2016. – 172 с.
- 2 Відчутники контрольно-вимірювальних систем/ Тимчик Г.С., Скицюк В.І., Вайнтрауб М.А., Клочко Т.Р.. – К.: НТУУ «КПІ», 2008. – 240 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 джерело 2.

## 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. год., 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 «Неруйнівний контроль та діагностика елементів ЛА» є набуття студентами багажу теоретичних знань які дозволяють обґрунтовано обирати методи і засоби діагностування виходячи з конструкційних особливостей елементів конструкції і матеріалу, з якого вони виготовлені. Лекційний матеріал рівномірно розподілений протягом навчального семестру.

Теоретична частина складається з 3 логічно пов'язаних тематичних розділів: РОЗДІЛ 1. Діагностика. Руйнівний і неруйнівний контроль. (теми 1.1 – 1.2); РОЗДІЛ 2. Дефектоскопі металів і композиційних матеріалів (теми 2.1 - 2.3). РОЗДІЛ 3. Діагностика вузлів і агрегатів ракетної техніки (теми 3.1 – 3.6). Для підготовки до 1 розділу рекомендовано спиратися на джерела 1, 2, з числа базової літератури. Для підготовки до 2 розділу рекомендовано спиратися на джерела 1, 2 з числа базової літератури і джерело 2 з числа додаткової літератури. Для підготовки до 3 розділу рекомендовано спиратися на джерела 1, 2, 3 з числа базової літератури і джерела 1, 2 з числа додаткової літератури.

1. Лекція 1. Діагностика і дефектоскопія. Загальна характеристика методів (Тема 1.1)
2. Лекція 2. Дефекти металу. Виробничі дефекти.(Тема 1.2)
3. Лекція 3. Дефекти металу. Технологічні і експлуатаційні дефекти (Тема 1.2)
4. Лекція 4. Візуальний контроль (Тема 2.1)
5. Лекція 5. Вихрострумний контроль (Тема 2.1)
6. Лекція 6. Ультразвуковий контроль (Тема 2.1)

7. Лекція 7. Капілярний контроль і магнітні методи дефектоскопії (Тема 2.1)
8. Лекція 8. Радіаційний контроль. Загальна характеристика методів. Радіографія. (Тема 2.2)
9. Лекція 9. Радіоскопія і томографія (Тема 2.2)
10. Лекція 10. Електрохімічний контроль (Тема 2.3)
11. Лекція 11. Технічна діагностика в аерокосмічній галузі (Тема 3.1)
12. Лекція 12. Газоаналіз, вимірювання витрат і температури (Тема 3.2)
13. Лекція 13. Діагностування структури і характеристик металу (Тема 3.3)
14. Лекція 14. Контроль герметичності (Тема 3.4 )
15. Лекція 15. Діагностика ГТД (Тема 3.5)
16. Лекція 16. Діагностика ТПРД (Тема 3.5)
17. Лекція 17. Діагностика РРД (Тема 3.5 )
18. Лекція 18. Теорії технічної діагностики. Метод Байєса (Тема 3.6 )

Метою практичних занять є закріплення на практиці знань, отриманих на лекціях і набуття професійних знань з практичного використання теоретичного багажу. Загальний обсяг практичних занять складає 18 ак. год. Практичні заняття рівномірно розподілені протягом навчального семестру і тематично пов'язані з лекційним матеріалом.

Тематика практичних занять:

Практичне заняття 1. Методи діагностики дефектів підшипників кочення.

Практичне заняття 2. Методи діагностики газотурбінних двигунів.

Практичне заняття 3. Стендові випробування ракетного реактивного двигуна.

Практичне заняття 4. Методи діагностики гідравлічних систем ЛА.

Практичне заняття 5. Статистичні методи розпізнавання технічного стану гідроприводів ЛА.

Практичне заняття 6. Діагностування лопатей компресорів двигунів ЛА

Практичне заняття 7. Діагностування і випробування твердопаливних двигунів ракет.

Практичне заняття 8. Діагностування паливних баків ЛА.

Практичне заняття 9. Методи діагностування заклепочних з'єднань ЛА.

Лабораторні роботи виконуються на спеціально підготовлених зразках, елементах конструкцій і на натурному обладнанні в стендовій залі: літаках Ан-24, Як-40 та МіГ-23, вертольоті Мі-2. Виконанню лабораторної роботи передують теоретична підготовка і допуск викладачем кожного здобувача вищої освіти до роботи після проходження вхідного контролю знань і по ознайомленню зі специфічними особливостями Правил безпеки (за необхідністю) в конкретній роботі. Загальні положення Правил безпеки викладаються на першій лабораторній роботі.

Тематика лабораторних робіт:

Лабораторна робота 1. Типова структура лабораторії діагностики на авіаційному підприємстві.

Лабораторна робота 2. Діагностування стійкі шасі

Лабораторна робота 3. Акустична діагностика герметичності паливних баків

Лабораторна робота 4. Діагностика заклепочних з'єднань лонжеронів крил і панелей

Лабораторна робота 5. Ультразвукова дефектоскопія елементів конструкції ЛА

Лабораторна робота 6. Вібродіагностика елементів конструкції ЛА

Лабораторна робота 7. Визначення залишкових напружень магнітними методами на зварних сталевих панелях

Лабораторна робота 8. Діагностування температурного поля працюючих агрегатів

Лабораторна робота 9. Експлуатаційні дефекти і дефекти неметалевих матеріалів

Для підготовки до виконання лабораторних робіт використовуються методичні посібники до виконання лабораторних робіт, експлуатаційна документація на літаки і вертольоти.

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

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

Підготовка до аудиторних лекційних занять (12 ак. год.)

Підготовка до лабораторних робіт (11 ак. год.)

Підготовка до виконання практичних занять (11 ак. год.)

Виконання Контрольної роботи (7 ак. год.)

Підготовка до заліку (7 ак. год.)

## **Політика та контроль**

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

Відвідування лекцій, лабораторних робіт є обов'язковим і здійснюється за затвердженим розкладом або згідно з індивідуальним планом здобувача вищої освіти. В разі пропущення з поважних причин лекцій студент опрацьовує її електронний варіант і викладає основні положення у короткому рефераті. Відпрацювання пропущених лабораторних 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.

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  $8 \text{ балів} \times 1 = 8$  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;
- невпевнена 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)