



## НАЗВА КУРСУ

### ВИПРОБУВАННЯ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ ЛА

#### 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	Літаки і вертольоти
Статус дисципліни	Вибіркова
Форма навчання	очна(денна)
Рік підготовки, семестр	4 курс, весняний семестр
Обсяг дисципліни	120 годин
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Залік
Розклад занять	У розкладі представлено згідно РНП лекції - 2 години і 1 година лабораторні роботи кожного тижня рівномірно протягом семестра
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу викладачів	Лекції і лабораторні: асистент кафедри АРБ, Поваров Сергій Анатолійович e-mail: <a href="mailto:sergey_povar@ukr.net">sergey_povar@ukr.net</a>
Розміщення курсу	<a href="https://campus.kpi.ua">https://campus.kpi.ua</a>

#### Програма навчальної дисципліни

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

В процесі вивчення дисципліни, студенти ознайомляться з теорією вимірювань, методами і обладнанням, необхідними для випробувань та сертифікації систем керування літальних апаратів.

Системи керування є одними з найважливіших систем, що забезпечують стійкість і керованість літальних апаратів. Навчальна дисципліна належить до циклу базової підготовки та відіграє значну роль у підготовці фахівців у галузі літакобудування. Вивчення дисципліни дає можливість планувати та організовувати вимірювання характеристик систем керування; здійснювати обробку експериментальних результатів вимірювань. Набуті компетентності розширюють знання, необхідні для проектування літальних апаратів.

Студенти отримують досвід планування та практичного виконання технічних вимірювань в галузі авіаційно-космічної техніки; обробки експериментальних результатів

вимірювань та складання звітних документів за результатами вимірювань, самостійної роботи з навчальною, навчально-методичною та довідковою літературою щодо сертифікації та випробувань.

Набуті знання надають здатність здійснювати випробування елементів авіаційної та ракетно-космічної техніки, її обладнання, систем та підсистем.

**Метою** навчальної дисципліни є:

- вивчити обладнання і метрологію випробування об'єктів авіаційної та ракетно-космічної техніки;
- навчитись вибирати засоби вимірювань та методи вимірювань, виходячи з необхідної точності результатів вимірювання;
- отримати знання, необхідні для проектування літальних апаратів та їх систем, усвідомити необхідність врахування вимог експлуатаційної технологічності для спрощення виконання процедур контролю та випробувань систем ЛА.

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

Вивчення цієї дисципліни вимагає наявності у студентів базових знань, які студенти отримують в процесі вивчення дисциплін: «Вища математика», "Фізика", "Деталі машин та основи конструювання", «Аерогідромеханіка», "Конструкція ЛА", "Конструювання ЛА".

## ***3. Зміст навчальної дисципліни***

На вивчення навчальної дисципліни відводиться 120 годин/4 кредити ECTS.

Теоретичний курс дисципліни складає 36 академічних годин і містить розділи і теми:

- РОЗДІЛ 1 Загальні відомості про системи керування ЛА
  - Тема 1.1 Загальні відомості про керування літаком
  - Тема 1.2 Призначення та принцип функціонування систем керування
  - Тема 1.3 Класифікація систем керування
  - Тема 1.4 Склад систем керування
- РОЗДІЛ 2 Вимоги до систем керування ЛА
  - Тема 2.1 Вимоги авіаційних правил до систем керування ЛА
  - Тема 2.2 Методи підтвердження відповідності систем керування ЛА вимогам авіаційних правил
  - Тема 2.3 Сертифікація систем керування ЛА
- РОЗДІЛ 3 Випробування систем керування ЛА
  - Тема 3.1 Основні види випробувань систем керування ЛА та їх призначення
  - Тема 3.2 Теоретичне та матеріальне забезпечення випробувань
  - Тема 3.3 Метрологічне забезпечення випробувань
- РОЗДІЛ 4 Обробка та аналіз результатів випробувань
  - Тема 4.1 Методи обробки та аналізу результатів випробувань систем керування
  - Тема 4.2 Оформлення результатів випробувань, акти та звіти по випробуванням

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

##### **Базова література.**

1. Aircraft Flight Control Actuation System Design - Hardcover Raymond, E. T.; Chenoweth, C. C. / SBN 10: 1560913762, ISBN 13: 9781560913764 / Publisher: Society of Automotive Engineers, 1993.
2. Test Techniques for Flight Control Systems of Large Transport Aircraft, Yakui Gao, Chaoyou Zhi, Gang An / ISBN978-0-12-822990-3 / Shanghai Jiao Tong University Press. Published by Elsevier Inc., 2021.
3. Flight Control Systems: Practical issues in design and implementation, Roger W. Pratt (Editor) / ISBN-10:0852967667, ISBN-13:978-0852967669 / Publisher: The Institution of Engineering and Technology (June 30, 2000).
4. Advances in Flight Control Systems, Maria Agneta Balint / ISBN-13: 978-953-307-218-0 / Publisher: InTech (April 11, 2011).
5. Introduction to Fly-by-Wire Flight Control Systems: The professional pilot's guide to understanding modern aircraft controls, David Kern / ISBN-13:979-8789041116 / Publisher: Independently published (December 22, 2021).

##### **Додаткова література**

6. The principles of flight for pilots / Peter J. Swatton, Peter Belobaba, Jonathan Cooper / ISBN-10:9788126560219, ISBN-13:978-0470710739 / 512 pages / Publisher: Wiley; 1st edition (October 25, 2010).
7. Advanced aircraft design : conceptual design, analysis, and optimization of subsonic civil airplanes / Egbert Torenbeek/ pages Includes bibliographical references and index / ISBN 978-1-118-56811-8 (cloth), 2013 Egbert Torenbeek All rights reserved 2013 John Wiley and Sons, Ltd.
8. Aircraft Structures for engineering students, Fourth Edition/ T. H. G. Megson/ Linacre House, Jordan Hill, Oxford OX2 8DP, UK30 Corporate Drive, Suite 400, Burlington, MA 01803, USA, First edition 2007

##### **Інформаційне забезпечення.**

- Сайт НТУУ "КПІ ім. Ігоря Сікорського" <http://kpi.ua>.
- Сайт ІАТ <http://iat.kpi.ua>.
- Сайт каф. АРБ <http://arb.kpi.ua>.

#### **Навчальний контент**

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

Дисципліна розрахована на один семестр. Вона складається з лекцій, лабораторних занять, та самостійної роботи студента. В лекційній частині курсу викладено конструкцію сучасних систем керування ЛА, їх елементів та підсистем, умови їх взаємозв'язку та взаємодії, а також представлено основні види випробувань та їх теоретичне і матеріальне забезпечення.

Лекції є базою дисципліни, оскільки саме вони дають студентам відповідний об'єм знань щодо будови, роботи та випробувань систем керування ЛА. Від ступеня засвоєння цього матеріалу визначається глибина знань студента щодо предмета вивчення.

Головна мета лабораторних занять – це практичне ознайомлення з теоретичним, матеріальним та метрологічним забезпечення випробувань систем керування ЛА, отримання практичних навичок з обробки та аналізу результатів випробувань. Закріплення матеріалів, викладених в теоретичному курсі дисципліни, та засвоєння навичок практичного застосування отриманих знань.

### **Лекційні заняття.**

- Лекція 1 Загальні відомості про керування літаком.
- Лекція 2 Призначення та принцип функціонування систем керування.
- Лекція 3 Класифікація систем керування.
- Лекція 4 Системи керування з гнучкою проводкою, їх основні компоненти.
- Лекція 5 Системи керування з жорсткою проводкою, їх основні компоненти.
- Лекція 6 Бустерні системи керування.
- Лекція 7 Допоміжні підсистеми систем керування. Суміжні системи.
- Лекція 8 Електро-дистанційні системи керування. Структурна будова та склад.
- Лекція 9 Вимоги авіаційних правил до систем керування ЛА.
- Лекція 10 Основні методи підтвердження відповідності систем керування ЛА вимогам авіаційних правил.
- Лекція 11 Процедура сертифікації систем керування ЛА.
- Лекція 12 Основні види випробувань систем керування ЛА та їх призначення.
- Лекція 13 Стендові випробування систем керування ЛА.
- Лекція 14 Наземні та льотні випробування систем керування ЛА.
- Лекція 13 Статичні та ресурсні випробування систем керування ЛА на міцність.
- Лекція 14 Теоретичне та матеріальне забезпечення випробувань.
- Лекція 15 Метрологічне забезпечення випробувань.
- Лекція 16 Обробка та аналіз результатів випробувань.
- Лекція 17 Методи обробки та аналізу результатів випробувань систем керування.
- Лекція 18 Оформлення результатів випробувань, акти та звіти по випробуванням.

### **Лабораторні заняття**

- Лабораторна робота №1 Функціональні випробування механічної проводки керування заданої конфігурації.
- Лабораторна робота №2 Визначення пружних деформацій в тросовій проводці керування.
- Лабораторна робота №3 Визначення люфтів в жорсткій проводці керування.
- Лабораторна робота №4 Статичне випробування механічної проводки керування на розрахункове навантаження.
- Лабораторна робота №5 Випробування тяги проводки керування на втрату стійкості.

### **Самостійна робота студента**

Мета:

- здобути навички самостійної роботи над літературою, уміння вести пошук додаткових джерел інформації, уміння узагальнювати інформацію, робити висновки і доповідати;
- поглибити і закріпити знання за тематикою кожного розділу навчальних матеріалів дисципліни шляхом розширення знань відповідно до лекційного матеріалу, а також самостійне дослідження і вивчення окремих тем.

### **Розрахунково-графічна робота (РГР)**

Розрахунково-графічна робота виконується студентами самостійно, відповідно до індивідуального завдання, яке визначається за варіантом (порядковим номером студента у списку групи). В ході виконання РГР студент використовує отримані ним під час засвоєння теоретичного матеріалу знання і проводить теоретичний розрахунок заданої йому схеми проводки керування або окремого її елемента. Отримані результати розрахунку надалі служать вихідними даними для однієї з лабораторних робіт і перевіряються під час її виконання.

### **Перелік додаткових питань відведених на самостійне відпрацювання:**

1. Функціональна та конструктивна реалізація керування елевонами, флаперонами, рулями на V-подібному оперенні.
2. Види бустерів, які застосовуються в системах керування ЛА.
3. Конструкція та функціонування гідравлічного бустера.
4. Система автоматичного керування ЛА (автопілот). Конструктивна реалізація.
5. Конструктивні методи зниження навантажень в механічних безбустерних системах керування ЛА.
6. Рідини, які використовуються в гідравлічних системах ЛА.
7. Тензодатчики. Конструкція та принцип роботи.
8. Забезпечення якості виготовлення елементів механічної проводки керування.
9. Методи забезпечення правильності складання проводки систем керування ЛА.

## **Політика та контроль**

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

Відвідування лекцій і лабораторних робіт є обов'язковим і здійснюється за затвердженим розкладом або згідно з індивідуальним планом здобувача вищої освіти. В разі пропуску з поважних причин лекцій студент опрацьовує відповідну літературу і викладає основні положення у короткому рефераті. Відпрацювання пропущених лабораторних робіт проводиться наприкінці семестру за окремим затвердженим графіком. 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. Лабораторні роботи захищаються на лабораторних заняттях у вигляді звітів з відповіддю на контрольні запитання. Пропущені лабораторні роботи проводяться і захищаються за окремим графіком в кінці семестру.

Використовуються правила заохочувальних і штрафних балів.

### **Академічна доброчесність**

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

В разі визначення не самостійного виконання лабораторної роботи їх результати анулюються.

### **Норми етичної поведінки**

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

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

На першому занятті студенти ознайомлюються із рейтинговою системою оцінювання (PCO) дисципліни, яка побудована на основі Положення про систему оцінювання результатів навчання [https://document.kpi.ua/files/2020\\_1-273.pdf](https://document.kpi.ua/files/2020_1-273.pdf)

Поточний контроль здійснюється на кожному занятті у вигляді експрес-опитування, відповідно до конкретних цілей теми, з метою перевірки ступеню та якості засвоєння матеріалу. На всіх заняттях застосовується об'єктивний контроль теоретичної підготовки та засвоєння практичних навичок для перевірки підготовленості здобувача вищої освіти до заняття. В процесі поточного контролю оцінюється самостійна робота студента щодо повноти виконання завдань, рівня засвоєння навчальних матеріалів, оволодіння практичними навичками аналітичної, дослідницької роботи тощо. Результати поточного контролю заносяться в Систему Кампус КПІ імені Ігоря Сікорського.

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

Семестровий контроль: залік; зарахування лабораторних робіт. Умови допуску до семестрового контролю: зарахування усіх лабораторних робіт; семестровий рейтинг більше 60 балів.

#### **Рейтингова система оцінювання результатів навчання:**

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

1. Лабораторні роботи;
2. Розрахунково-графічна робота;
3. Модульна контрольна робота;
4. Залік.

#### **Система рейтингових (вагових) балів та критерії оцінювання**

##### **Лабораторні роботи.**

Ваговий бал – 10.

Максимальна кількість балів: 10 балів x 5 =50 балів.

Критерії оцінювання:

- повне і якісне виконання завдання: 10 балів;

- виконання, але знання недостатні, робота виконана неякісно: 6...9 балів;
- виконання, але немає звіту: 2..5 балів;
- робота не виконувалась: 0 балів.

#### **Розрахунково-графічна робота (РГР).**

Максимальна кількість балів складає 20 балів.

Критерії оцінювання:

- повне і якісне виконання завдання: 20 балів;
- виконання, але знання недостатні, робота виконана неякісно: 1...19 балів;
- робота не виконувалась: 0 балів.

#### **Модульна контрольна робота.**

Максимальна кількість балів складає 20 балів.

Критерії оцінювання:

- повне виконання завдання: 20 балів;
- виконання, але теоретичні знання недостатні: 1...19 балів;
- робота не виконувалась: 0 балів.

#### **Заохочувальні бали:**

- відсутність пропусків лекцій без поважних причин: +1...5 балів;
- творчий підхід до роботи, активна участь в обговоренні тем: +1...5 балів.

Максимальна кількість заохочувальних балів дорівнює 10.

#### **Штрафні бали:**

- відсутність на занятті без поважної причини: -1...-5 балів.

#### **Розрахунок шкали (RD) рейтингу:**

Сума вагових балів контрольних заходів та заохочувальних балів протягом семестру складає:

$$RD = 50 + 20 + 20 + 10 = 100 \text{ балів.}$$

Якщо наприкінці семестру після проходження всіх контрольних заходів з кредитного модулю студент отримав **більше 60** рейтингових балів, а також виконав умови допуску до семестрового контролю з цього кредитного модулю, він **отримує позитивну оцінку**.

У разі, якщо сума рейтингових балів **менша ніж 60**, але виконані умови допуску до семестрової контролю з цього семестрового контролю, студент виконує на останньому за розкладом занятті **залікову контрольну роботу**. За бажанням, студент має право на участь у заліковій контрольній роботі з метою підвищення попередньої оцінки. Контрольне завдання цієї роботи складається з теоретичного питання, яке перевіряє отримані під час вивчення дисципліни знання. Максимальна кількість балів, які нараховуються за контрольну роботу, дорівнює 50.

#### **Бали за залікову контрольну роботу:**

- вільне володіння матеріалом: 50 балів;
- впевнене володіння матеріалом, неповні відповіді: 20...40 балів;
- невпевнене володіння матеріалом, помилки у відповіді: 1...20 балів;
- не має відповіді на питання, або відповідь невірна: 0 балів.

Рейтингові бали, <i>R</i>	Оцінка за університетською шкалою
95–100	Відмінно
85–94	Дуже добре
75–84	Добре
65–74	Задовільно
60–64	Достатньо
< 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

#### **8. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)**

При переведенні студента з іншого вузу оцінки з дисципліни можуть перерахуватись за умов відповідності даній програмі.

#### **Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):**

**Складено:** асистентом кафедри АРБ, Поваровим Сергієм Анатолійовичем

**Ухвалено** кафедрою АРБ (протокол № 10 від 16.06.2023)

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