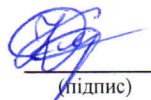


Міністерство освіти і науки України  
Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського  
«Харківський авіаційний інститут»

Кафедра систем управління літальних апаратів (№ 301)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Гарант освітньої програми



Костянтин ДЕРГАЧОВ

(підпис)

(ім'я та прізвище)

« 28 » серпня 2023 р.

**РОБОЧА ПРОГРАМА ОBOB'ЯЗКОВОЇ  
НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

**СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ЛІТАЛЬНИМИ АПАРАТАМИ**

(шифр і назва навчальної дисципліни)

Галузь знань 17 «Електроніка та телекомунікації»

Спеціальність: 173 «Авіоніка»

Освітня програма: «Системи автономної навігації та адаптивного управління літальних апаратів»

**Форма навчання: денна**


**Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)**

**Харків 2023 рік**

Розробник:

к.т.н., доцент Немшилов Ю.О., доцент кафедри Систем управління літальних апаратів

«23» серпня 2023 р.

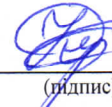
  
\_\_\_\_\_

(підпис)

Робочу програму розглянуто на засіданні кафедри Систем управління літальних апаратів

Протокол № 1 від “ 25 ” серпня 2023 р.

Завідувач кафедри 301 к.т.н., доцент

  
\_\_\_\_\_

(підпис)

Костянтин ДЕРГАЧОВ

(ім'я та прізвище)

## 1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показника	Галузь знань, спеціальність, освітня програма, рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни (денна форма навчання)	
Кількість кредитів – 4	<b>Галузь знань:</b> 17 «Електроніка та телекомунікації»  <b>Спеціальність</b> 173 «Авіоніка»  <b>Освітня програма</b> «Системи автономної навігації та адаптивного управління літальних апаратів»  <b>Рівень вищої освіти:</b> перший (бакалаврський)	Обов'язкова дисципліна	
Кількість модулів – 2		<b>Навчальний рік</b>	
Кількість змістовних модулів – 2		2023-2024	
Індивідуальне завдання: розрахункова робота		<b>Семестр</b>	
Загальна кількість годин <i>кількість годин аудиторних занять</i> */ загальна кількість годин 56 / 120		6-й	
		<b>Лекції*</b>	
Кількість тижневих годин для денної форми навчання:		24 години	
		<b>Практичні, семінарські*</b>	
Семестр 6		–	–
Аудиторних – 3,5 год.		<b>Лабораторні*</b>	
Самост. роботи – 4 год.	32 години		
	<b>Самостійна робота</b>		
	64 година		
	<b>Вид контролю</b>		
	залік		

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної роботи становить:

56 / 64.

\* Аудиторне навантаження може бути зменшене або збільшене на одну годину залежно від розкладу занять.

## **2. Мета та завдання навчальної дисципліни**

**Мета вивчення** – формування у здобувачів знань і умінь, необхідних для розробки систем управління літальними апаратами.

**Предметом вивчення** дисципліни є теоретичні основи, методи аналізу статичних і динамічних властивостей, принципи будови, особливості технічного виконання і характеристики систем управління літальними апаратами (ЛА).

**Об'єктом вивчення** є алгоритми функціонування і способи управління, структура типових контурів управління, динамічні властивості і характеристики точності систем управління літаками, а також методи їх технічної реалізації.

### **Завдання:**

- надання здобувачам знань про теоретичні основи, принципи будови, особливості технічного виконання та характеристики систем управління літаками; закони та способи керування, алгоритми функціонування, типові структури та динамічні властивості і характеристики точності систем управління рухомими об'єктами, а також про методи їх технічної реалізації.

### **Загальні компетентності (ЗК)**

ЗК 1. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК 2. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації.

ЗК 3. Вміння виявляти, ставити та вирішувати проблеми.

ЗК 4. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.

### **Фахові компетентності спеціальності (ФК)**

ФК 1. Здатність здійснювати професійну діяльність у сфері авіоніки автономно і відповідально, дотримуючись законодавчої та нормативно-правової бази, а також державних та міжнародних вимог.

ФК 2. Здатність використовувати основи електроніки, схемотехніки при розв'язанні практичних завдань авіоніки.

ФК 4. Здатність до аналізу та синтезу систем керування літальних апаратів.

ФК 5. Здатність розробляти авіоніку літальних апаратів та системи наземних комплексів із використанням інформаційних технологій.

ФК 6. Здатність математично описувати і моделювати фізичні процеси в системах керування літальних апаратів.

ФК 7. Здатність проектувати прилади та системи авіоніки із використанням автоматизованих систем.

### **Програмні результати навчання**

ПРН 1 Адаптуватися до змін технологій професійної діяльності, прогнозувати їх вплив на кінцевий результат.

ПРН 2 Автономно отримувати нові знання в своїй предметній та суміжних областях з різних джерел для ефективного розв'язання спеціалізованих задач професійної діяльності.

ПРН 3 Відповідально та кваліфіковано ставити та вирішувати задачі, пов'язані зі створенням приладів і систем авіоніки.

ПРН 4 Розуміти стан і перспективи розвитку предметної області.

ПРН 5 Організовувати власну професійну діяльність, обирати оптимальні методи та способи розв'язування складних спеціалізованих задач та практичних проблем у професійній діяльності.

ПРН 6 Критично осмислювати основні теорії, принципи, методи і поняття у професійній діяльності.

ПРН 11 Розробляти технічні вимоги до систем та пристроїв авіоніки; здійснювати проектування систем та пристроїв авіоніки з урахуванням вимог замовника та нормативно-технічної документації.

ПРН 14 Застосовувати сучасні інформаційні технології для забезпечення функціонування літальних апаратів та наземних комплексів.

ПРН 15 Розробляти математичні моделі літальних апаратів як об'єктів керування.

ПРН 16 Вміти описувати інформаційні процеси, пов'язані з авіонікою, аналізувати їх завадостійкість.

ПРН 17 Вміти створювати радіоелектронну апаратуру та прилади літальних апаратів і наземних комплексів із використанням систем автоматизованого проектування.

ПРН 18 Забезпечувати технологічність виготовлення систем авіоніки сучасними конструкторськими, в тому числі автоматизованими та експериментальними, засобами.

ПРН 19 Оцінювати технічні і економічні характеристики прийнятих рішень для забезпечення ефективності та високої якості розробок.

### **Результати навчання:**

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен **знати:**

- загальні тактико-технічні вимоги до систем управління ЛА (СУ ЛА);
- основи теорії, принципи побудови і функціонування, особливості структурно-схемної реалізації і характеристики складових частин СУЛА;
- завдання, що вирішуються СУЛА, і їх вплив на стійкість і керованість літаків.

### **вміти:**

- аналізувати закони і алгоритми управління літаками;
- досліджувати і аналізувати динамічні і характеристики точності систем управління літаками.

### **мати уявлення:**

- про технічну реалізацію законів і алгоритмів функціонування систем управління
- про сучасну теорію систем управління літальними апаратами і перспективи їх розвитку.

### **Пререквізити:**

Вища математика. Фізика. Електроніка і основи схемотехніки. Основи наві-

гації (КР). Основи моделювання систем авіоніки. Теорія автоматичного управління. Інформаційно-вимірювальні пристрої авіоніки. Приводи систем авіоніки. Математичні основи цифрових систем.

#### **Кореквізити:**

Проектування систем управління.

Дисципліна забезпечує виконання Кваліфікаційної роботи бакалавра.

### **3. Програма навчальної дисципліни**

#### ***Змістовний модуль №1***

#### ***ВСТУП***

Предмет, структура та задачі дисципліни; місце та роль дисципліни у навчальному плані; порядок її вивчення; організаційно – методичне забезпечення. Задачі, що вирішуються системами управління літаками. Види автоматизації пілотування літака. Типова структура СУ літака, зв'язок САК з зовнішніми системами.

#### **РОЗДІЛ І. СИСТЕМИ ПОЛІПШЕННЯ СТІЙКОСТІ ТА КЕРОВАНОСТІ ЛІТАКА**

##### ***Тема 1. Загальні поняття про закони керування літаками та способи їх реалізації***

Основні види СУ польотом літака. Поняття про закони керування та передачі функції САК. Типова структура сервопривода САК. Математичні моделі сервопривода з різними видами зворотніх зв'язків. Класифікація каналів автоматичного управління, особливості їх апаратної реалізації.

##### ***Тема 2. Літак як об'єкт управління***

Поняття про стійкість та керованість літака. Основні системи координат у динаміці польоту. Математичні моделі просторового руху літака.

Математичні моделі поздовжнього руху літака. Показники поздовжньої керованості. Вимоги до пілотажних характеристик літака у поздовжньому русі.

Математичні моделі бокового руху літака. Передумови розділення повного бокового руху літака на ізольовані види руху. Моделі ізольованих видів бокового руху літака. Показники бокової керованості літака.

##### ***Тема 3. Системи поліпшення динамічних властивостей контурів штурвального управління***

Демпфери тангажу. Автомати поздовжньої стійкості. Автомати поздовжнього керування.

Корекція передаточних чисел систем керування. Автоматична корекція статичних характеристик поздовжньої керованості.

Демпфери крену та рискання, автомати флюгерної стійкості. Автомати поліпшення керованості по крену. Автомати перехресного зв'язку.

#### **Модульний контроль.**

## Змістовний модуль №2

### РОЗДІЛ II. СИСТЕМИ КУТОВОЇ СТАБІЛІЗАЦІЇ ТА УПРАВЛІННЯ ТРАКТОРІЄЮ РУХУ ЛІТАКА

#### **Тема 4. Активні системи управління польотом літака**

Поняття про активні системи управління польотом. Задачі, що вирішуються активними системами управління польотом. Типова структура активної СУЛ. Керування нестійким літаком. Системи обмеження граничних режимів польоту.

#### **Тема 5. Автоматичне управління кутом тангажу**

Типові режими роботи автопілотів. Закони керування, реалізовані у СУЛ. Типова структура та закони керування автопілотів тангажу.

Динамічні та характеристики точності автопілотів тангажу. Типова структура та закони управління перевантажувальних автопілотів.

#### **Тема 6. Автоматичне управління кутами крену та ристання**

Типова структура, закони керування, динамічні та характеристики точності автопілотів крену. Класифікація курсових автопілотів. Типова структура, закони керування, динамічні та характеристики точності курсових автопілотів перехресної схеми.

#### **Тема 7. Вертоліт як об'єкт управління**

Істотні відзнаки від літака в конструктивних особливостях і притаманних тільки йому аеродинамічних і динамічних властивостей. Особливі відзнаки при малих швидкостях польоту і на режимах висіння, коли вертоліт не стійкий.

**Закінчення.** Сучасний стан та перспективи розвитку систем управління літаками.

#### **Модульний контроль.**

## 4. Структура навчальної дисципліни

Назва змістовного модуля і тем	Кількість годин				
	Усього	У тому числі			
		л	п	лаб.	с. р.
1	2	3	4	5	6
<b>Модуль 1</b>					
<b>Змістовий модуль 1. Системи поліпшення стійкості та керованості літака</b>					
Вступ до дисципліни «СУЛА»	1	1	–	–	–
Тема 1. Загальні поняття про закони керування літаками та способи їх реалізації	12	4	–	4	4
Тема 2. Літак як об'єкт управління	20	4	–	6	10
Тема 3. Системи поліпшення динаміч-	16	4	–	4	8

них властивостей контурів штурвального управління					
<b>Модульний контроль.</b>	2	–	–	–	2
<b>Разом за змістовним модулем 1</b>	<b>50</b>	<b>12</b>	<b>0</b>	<b>14</b>	<b>24</b>
<b>Модуль 2</b>					
<b>Змістовний модуль 2. Системи кутової стабілізації та управління траєкторією руху літака</b>					
Тема 4. Активні системи управління польотом літака	12	2	–	4	6
Тема 5. Автоматичне управління кутом тангажу	14	2	–	4	8
Тема 6. Автоматичне управління кутами крену та рискання	14	2	–	4	8
Тема 7. Вертоліт як об'єкт управління	18	6	–	6	6
Виконання розрахункової роботи	10				10
<b>Модульний контроль.</b>	2	–	–	–	2
<b>Разом за змістовним модулем 2</b>	<b>70</b>	<b>12</b>	<b>0</b>	<b>18</b>	<b>40</b>
<b>Усього за модулями 1-2 (семестр б)</b>	<b>120</b>	<b>24</b>	<b>0</b>	<b>32</b>	<b>64</b>
<b>Контрольний захід – семестровий іспит</b>					

### 5. Теми семінарських занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
	Не передбачені	

### 6. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кільк. год.
	Не передбачені	

### 7. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кільк. год.
	За модулями 1-2 (семестр б)	
1	Дослідження пілотажних властивостей літака як об'єкту управління в подовжньому русі	4
2	Дослідження впливу коефіцієнтів лінійної моделі подовжнього короткоперіодичного руху літака на характеристики стійкості і керованості	6
3	Дослідження пілотажних властивостей літака як об'єкту управління в бічному русі	4
4	Дослідження впливу коефіцієнтів лінійної моделі бічного руху літака на характеристики стійкості і керованості	4
5	Дослідження контурів автоматичного управління кутом тангажа і нормальним перевантаженням	4
6	Дослідження контурів автоматичного управління кутами крену та курсу	4
7	Дослідження пілотажних властивостей вертольота як об'єкту управління	6
	<b>Разом</b>	<b>32</b>



## 8. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кільк. год.
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
1	Загальні поняття про закони керування літаками та способи їх реалізації (Тема 1)	4
2	Літак як об'єкт управління (Тема 2)	10
3	Системи поліпшення динамічних властивостей контурів штурвального управління (Тема 3)	8
4	Активні системи управління польотом літака (Тема 4)	6
5	Автоматичне управління кутом тангажу (Тема 5)	8
6	Автоматичне управління кутами крену та рискання (Тема 6)	8
7	Вертоліт як об'єкт управління (Тема 7)	6
8	Виконання розрахункової роботи (п. 9)	10
	Модульний контроль	4
	<b>Разом</b>	<b>64</b>

## 9. Індивідуальні завдання

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
	Розрахункова робота у семестрі 6	10

## 10. Методи навчання

Проведення аудиторних лекцій, лабораторних занять, індивідуальні консультації (за необхідності), самостійна робота студентів за матеріалами, опублікованими кафедрою (методичні посібники).

## 11. Методи контролю

Проведення поточного контролю у вигляді захисту лабораторних робіт, захисту індивідуальної розрахункової роботи відповідно до змістових модулів і тем, фінальний контроль – у вигляді заліку (семестр 6).

## 12. Критерії оцінювання та розподіл балів, які отримують студенти

### 12.1. Розподіл балів, які отримують студенти

#### 6 семестр

Складові навчальної роботи	Бали за одне заняття (завдання)	Кількість занять (завдань)	Сумарна кількість балів
<b>Змістовний модуль 1</b>			
Робота на лекціях	0...1	4	0...4
Виконання і захист лабораторних робіт	0...10	3	0...30

Виконання і захист практичних робіт	-	-	-
Модульний контроль	0...2	1	0...2
<b>Змістовний модуль 2</b>			
Робота на лекціях	0...1	8	0...8
Виконання і захист лабораторних робіт	0...10	4	0...40
Виконання і захист практичних робіт	-	-	-
Модульний контроль	0...2	1	0...2
Виконання та захист РР	0...14	1	0...14
<b>Усього за семестр</b>			<b>0...100</b>

Білет для заліку (семестр б) складається з теоретичних та практичних запитань.

Наприклад.

Теоретичні питання (40-балів):

1. Класифікація каналів автоматичного управління, особливості їх апаратної реалізації.

2. Поняття про стійкість та керованість літака.

3. Математичні моделі просторового руху літака.

Практичні питання (30-балів):

1. У середовищі моделювання зібрати структурну схему подовжнього руху ЛА.

2. У середовищі моделювання зібрати структурну схему руху ЛА по крену.

3. У середовищі моделювання зібрати структурну схему руху ЛА по риванню.

Стендове (лабораторне) завдання (30-балів):

1. Виконати дослідження динаміки подовжнього руху літака при ступінчастому відхиленні керма висоти.

2. Виконати дослідження впливу демпфера тангажа на характеристики подовжньої стійкості і керованості літака.

3. Виконати дослідження впливу автомата подовжньої стійкості на характеристики подовжньої стійкості і керованості літака.

Під час складання семестрового іспиту здобувач має можливість отримати максимум 100 балів.

## 12.2. Якісні критерії оцінювання

Необхідний обсяг знань для одержання позитивної оцінки:

Загальні тактико-технічні вимоги до систем управління ЛА (СУ ЛА). Основи теорії, принципи побудови і функціонування, особливості структурно-схемної реалізації і характеристики складових частин СУЛА. Завдання, що вирішуються СУЛА, і їх вплив на стійкість і керованість літаків.

Необхідний обсяг вмінь для одержання позитивної оцінки:

Аналізувати закони і алгоритми управління літаками. Досліджувати і аналізувати динамічні і характеристики точності систем управління літаками. Використовувати технічну реалізацію законів і алгоритмів функціонування систем уп-

равління сучасну теорію систем управління літальними апаратами і перспективи їх розвитку.

### **12.3. Критерії оцінювання роботи студента протягом семестру**

#### **1. Відмінно (90÷100 балів) виставляється студенту:**

1.1 Який твердо знає: базові поняття і принципи, що відносяться до дисципліни «Системи управління літальними апаратами». Захистив всі практичні, лабораторні завдання та індивідуальне завдання, виконав усі модульні завдання з оцінкою «відмінно», має тверді практичні навички роботи з пристроями стосовно дисципліни. Вільно користується навчальною та науково-технічною літературою з питань дисципліни. Вміє логічно і чітко скласти свою відповідь, розв'язати практичне та лабораторне завдання.

1.2 Зменшення кількості балів в межах оцінки можливе при неточних формулюваннях у відповідях на додаткові запитання, які були поставлені перед ним.

#### **2. Добре (75÷89 балів) виставляється студенту:**

2.1 Який має достатньо глибокі знання з теоретичної частини дисципліни. Захистив всі практичні, лабораторні завдання та індивідуальне завдання, виконав усі модульні завдання з оцінкою «добре», має практичні навички роботи з пристроями стосовно дисципліни. Правильно розв'язує практичні завдання, його відповіді не є чіткими.

2.2 Зменшення кількості балів в межах оцінки можливе при неповних відповідях на теоретичні або практичні запитання.

#### **3. Задовільно (60÷74 бали) виставляється студенту:**

3.1 Який слабо володіє теоретичним матеріалом, має мінімум знань та умінь, допускає помилки у вирішенні практичних завдань. Захистив всі практичні, лабораторні завдання та виконав усі модульні завдання, має не впевнені практичні навички роботи з пристроями стосовно дисципліни.

3.2 Зменшення кількості балів в межах оцінки можливе за неточні та неповні відповіді на теоретичні та практичні запитання.

### **Шкала оцінювання: національна та ECTS**

Сума балів	Оцінка за традиційною шкалою	
	Іспит	Залік
90 – 100	відмінно	зараховано
75 – 89	добре	
60 -74	задовільно	
0 – 59	незадовільно	незараховано

### **13. Методичне забезпечення**

1. Конспект лекцій з дисципліни «СУЛА».
2. Методичні вказівки і завдання до виконання лабораторних робіт в семестрі 6.

## 14. Рекомендована література

### Основна література

1. Немшилов Ю.О. Моделі систем управління літальними апаратами та методи експериментальних досліджень [Текст]: Навч. посіб./ Ю.О. Немшилов. - Харків : Нац. аерокосм. ун-т ім. М.Є. Жуковського "ХАІ", 2019. - 160 с.
2. Харченко В.П. Авіоніка: Навч. посіб. / В.П. Харченко, І.В. Остроумов. - К.: НАУ, 2013.-272 с.
3. Irian Hopkins, Resources for the teaching of discrete mathematics, American Mathematical Association, 2008
4. John Dwyer & Suzy Jagger, Discrete Mathematics for Business & Computing, 1st Edition. 2010 ISBN 978-1907934001.
5. Dynamics and Control of Electrical Drives, Wach Piotr, 2011, 454 p.
6. Aerospace Actuators 3: European Commercial Aircraft and Tiltrotor Aircraft, Jean Charles Maré, 2018, 194 p.
7. Arun k. Ghosh Introduction To Control Systems
8. Peter Fritzon Introduction to Modeling and Simulation of Technical and Physical Systems

### Додаткова та довідкова література

1. Шен, К.; Юе, К.; Го, Ч.Х.; Ванг, Д. Проектування активної відмовостійкої системи керування для маневрів положення космічного корабля з насиченням приводу та несправностями. Пром Електрон. 2019, 66, 3763–3772.
2. З. Пінг, Т. Ван, Ю. Хуан, Х. Ван, Дж.-Г. Лу та Ю. Лі. Внутрішня модель управління сервосистемою позиціонування PMSM: теорія та експериментальні результати. Транзакції IEEE з промислової інформатики, т. 16, вип. 4, стор. 2202–2211, квітень 2020 р.
3. Ф. Доносо, А. Мора, Р. Карденас, А. Ангуло, Д. Саес, М. Рівера. Оптимізація ефективності системи управління за допомогою модифікований алгоритму. Транзакції IEEE щодо електрифікації транспорту, стор. 1098–1103, 2020 р.
4. А. Кисельов, Г. Катіожно, А. Кузнєцов. Виявлення несправностей на основі сигналу та метод керування допуском датчика струму для PMSM Драйв. IEEE Trans. Пром Електрон. 2018, 65, 9646–9657.
5. Ван, Г.; Хао, Х.; Чжао, Н.; Чжан, Г.; Сюй, Д. Стратегія відмовостійкого управління датчиком струму для приводів PMSM без кодувальника. IEEE Трансп. Електрифікація. 2020, 6, 679–689.

## 15. Інформаційні ресурси

Сайт кафедри 301: [k301.khai.edu](http://k301.khai.edu)