

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

Кафедра Аерокосмічних радіоелектронних систем (№ 501)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Керівник проектної групи



В.В. Павліков  
(підпис) (спеціальність та прізвище)

«29» 08 2019 р.

## РОБОЧА ПРОГРАМА ВИБІРКОВОЇ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

### Системи управління

(назва навчальної дисципліни)

Галузь знань: 17 «Електроніка та телекомунікації»  
(цифр і найменування галузі знань)

Спеціальність: 172 «Телекомунікації та радіотехніка»  
(код та найменування спеціальності)

Освітня програма: «Радіоелектронні пристрої, системи та комплекси»  
(найменування освітньої програми)

**Форма навчання: денна**

Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)

Харків 2019 рік

Робоча програма «Системи управління»

(назва дисципліни)

для студентів за спеціальністю 172 – «Телекомунікації та радіотехніка»  
освітньою програмою «Радіоелектронні пристрої, системи та комплекси»

«28» 06 2019 р., – 10 с.

Розробник: Мазуренко О.В., доцент кафедри 501, к.т.н., доцент

(прізвище та ініціали, посада, науковий ступінь і вчене звання)

  
(підпис)

Робочу програму розглянуто на засіданні кафедри

Аерокосмічних радіоелектронних систем

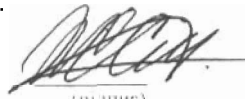
(назва кафедри)

Протокол № 11/18-19 від «27» серпня 2019 р.

Завідувач кафедри

к.т.н.

(науковий ступінь та вчене звання)

  
(підпис)

С.С. Жила

(ініціали 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	<p style="text-align: center;"><b>Галузь знань</b> 17 «Електроніка та телекомунікації» (шифр та найменування)</p> <p style="text-align: center;"><b>Спеціальність</b> 172 – «Телекомунікації та радіотехніка» (код та найменування)</p> <p style="text-align: center;"><b>Освітня програма</b> «Радіоелектронні пристрої, системи та комплекси» (найменування)</p> <p style="text-align: center;"><b>Рівень вищої освіти:</b> <u>перший (бакалаврський)</u></p>	Цикл професійної підготовки (за вибором)
Кількість модулів – 1		<b>Навчальний рік</b>
Кількість змістовних модулів – 2		2019/2020
Індивідуальне завдання		<b>Семестр</b>
		<u>7</u> -й
Загальна кількість годин – 64/120		<b>Лекції*</b>
		<u>32</u> години
		<b>Практичні, семінарські*</b>
		<u>32</u> годин
		<b>Лабораторні*</b>
	–	
	<b>Самостійна робота</b>	
	<u>56</u> годин	
	<b>Вид контролю</b>	
	модульний контроль, залік	

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної роботи становить: 64/56.

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

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

**Мета вивчення:** дати знання про теоретичні основи керування, методи аналізу й моделювання систем керування (СК), основні системи керування літальними апаратами (ЛА).

**Завдання:** засвоєння відомостей про фундаментальні принципи й закони керування, основні характеристики й математичні методи опису й аналізу систем керування, системи керування польотом літальних апаратів.

### **Результати навчання:**

- студенти повинні одержати знання про теоретичні основи керування, методи аналізу і синтезу систем автоматичного керування;

- студенти повинні одержати навички аналізу і синтезу систем автоматичного керування аналітичним способом і з використанням систем інженерних розрахунків.

**Міждисциплінарні зв'язки:** результати навчання можуть бути використані для засвоєння матеріалу дисциплін «Радіотехнічні системи управління і наведення».

## **3. Програма навчальної дисципліни**

### **Модуль 1.**

#### **Змістовний модуль 1. Основи теорії автоматичного керування.**

##### **Тема 1. Вступ до дисципліни „Системи керування”.**

Системи керування. Предмет вивчення, завдання дисципліни. Основні поняття. Автоматичні пристрої, етапи розвитку автоматичних пристроїв. Призначення СУ, розв'язувані завдання. Класифікація систем автоматичного керування.

##### **Тема 2. Фундаментальні принципи й закони керування.**

Принцип розімкнутого керування. Принцип компенсації (керування по збурюванню). Принцип зворотного зв'язку. Регулювання по відхиленню. Алгоритми функціонування СК: стабілізація, програмне керування, системи, що стежать, системи з пошуком екстремума показника якості, оптимальне керування, адаптивні системи. Основні закони керування: пропорційний закон, інтегральний закон, пропорційно-інтегральний закон, пропорційно-інтегрально-диференціальний закон.

##### **Тема 3. Математичний опис автоматичних систем керування.**

Диференціальні рівняння й структурні схеми систем автоматичного керування (САК). Статичні характеристики САК. Поняття про лінійні

елементи. Лінеаризація реальних елементів САК. Динамічні характеристики лінійних елементів і систем: перехідні й вагові функції; частотні й часові характеристики, їх застосування й одержання.

#### **Тема 4. Рівняння лінійних систем у зображеннях по Лапласу.**

Деякі властивості перетворення Лапласа. Загальна характеристика типових лінійних ланок САК. Найпростіші ланки: пропорційна (безінерційна) ланка, інтегруюча ланка, диференціююча ланка, аперіодична (інерційна) ланка першого порядку, форсуноча ланка, коливальна, консервативна й аперіодична ланки другого порядку.

#### **Тема 5. Структурні схеми САК. Правила структурних перетворень.**

Послідовне з'єднання ланок. Паралельне з'єднання ланок. Ланка, охоплена зворотним зв'язком. Визначення передатних функцій розімкнутої й замкненої системи. Статика систем автоматичного регулювання (САР). Способи зменшення астатизму.

#### **Тема 6. Стійкість лінійних систем автоматичного керування.**

Фізичне й математичне визначення стійкості. Алгебраїчні критерії Гурвіца і Рауса. Частотний критерій Михайлова. Частотний критерій Найквіста. Структурно-нестійкі (стійкі) системи автоматичного регулювання.

#### **Тема 7. Оцінка якості роботи САК.**

Критерії якості роботи САК. Показники якості перехідного процесу, що характеризують точність і плавність протікання процесу: швидкодія, коливальність, перерегулювання. Інтегральні показники якості.

#### **Тема 8. Дискретні САК.**

Представлення САК в просторі станів. Перехід від безперервного часу до дискретного в описі САК в просторі станів. Еквівалентні схеми дискретних САК. Одержання передатних функцій і комплексних коефіцієнтів передачі розімкнутих дискретних САК. Комплексні коефіцієнти передачі й передатні функції замкнених дискретних САК. Стійкість дискретних САК. Непрямі методи оцінки якості й синтез дискретних САК.

### **Змістовний модуль 2. Елементи систем автоматичного керування польотом літального апарату.**

#### **Тема 9. Системи координат використовувані в динаміці польоту.**

Системи координат використовувані для опису польоту ЛА: нормальна, зв'язана, траекторная, швидкісна. Характеристики місця розташування й руху ЛА. Типи рухів ЛА, загальні й часткові рівняння руху ЛА.

#### **Тема 10. Структура САК польотом ЛА.**

Структурна схема САК польотом літака, замкнений контур керування польотом ЛА, основні завдання, розв'язувані САК польотом літака, призначення й загальна характеристика елементів.

### **Тема 11. Датчики інформації САК польотом ЛА.**

Аерометричні датчики САК ЛА, принцип дії й математичний опис основних типів датчиків: датчик повітряної швидкості, датчики абсолютної висоти, датчики кутів атаки й ковзання.

Інерціальні датчики САК ЛА, принцип дії й математичний опис основних типів датчиків: датчики лінійних прискорень (акселерометри), датчики кутових швидкостей (гіроскопи).

Радіотехнічні датчики САК ЛА, принцип дії й математичний опис основних типів датчиків: апаратура споживачів супутникових радіонавігаційних систем, радіовисотоміри, радіодалекоміри, радіокомпаси, доплерівські вимірювачі шляхової швидкості та кута зносу.

### **Тема 12. Обчислювально-перетворювальні пристрої й виконавчі механізми САК польотом ЛА.**

Структури, основні характеристики, види виконання, математичні моделі бортової цифрової електронно-обчислювальної машини (БЦЕОМ) САК польотом ЛА.

Функціональні схеми, основні характеристики, види виконання, математичні моделі авіаційних приводів.

## **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>Змістовний модуль 1. Основи теорії автоматичного керування</b>					
Тема 1. Вступ до дисципліни „Системи керування”	1	1	–	–	–
Тема 2. Фундаментальні принципи й закони керування.	10	2	4	–	4
Тема 3. Математичний опис автоматичних систем керування.	12	2	4	–	6
Тема 4. Рівняння лінійних систем у зображеннях по Лапласу.	8	2	4	–	2
Тема 5. Структурні схеми САК. Правила структурних перетворень.	16	2	6	–	8
Тема 6. Стійкість лінійних систем автоматичного керування.	12	4	4	–	4
Тема 7. Оцінка якості роботи САК.	9	1	4	–	4
Тема 8. Дискретні САК.	10	2	–	–	8
<b>Модульний контроль</b>	2	–	–	–	–
<b>Разом за змістовним модулем 1</b>	<b>80</b>	<b>16</b>	<b>26</b>	<b>–</b>	<b>36</b>

<b>Змістовний модуль 2. Елементи САК польотом літального апарату</b>					
Тема 9. Системи координат використовувані в динаміці польоту.	12	4	2	–	6
Тема 10. Структура САК польотом ЛА.	8	2	2	–	4
Тема 11. Датчики інформації САК польотом ЛА.	8	2	2	–	4
Тема 12. Обчислювально-перетворювальні пристрої й виконавчі механізми САК польотом ЛА.	10	4	–	–	6
<b>Модульний контроль</b>	2	–	–	–	–
<b>Разом за змістовним модулем 2</b>	<b>40</b>	<b>12</b>	<b>6</b>	<b>–</b>	<b>20</b>
<b>Усього годин</b>	<b>120</b>	<b>32</b>	<b>32</b>	<b>–</b>	<b>56</b>

### 5. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Засвоєння основних понять теорії автоматичного керування.	2
2	Засвоєння фундаментальних принципів й законів керування.	2
3	Операторний метод аналізу частотних та часових характеристик систем керування та їх ланок	4
4	Структурні перетворення схем систем керування	4
5	Визначення стійкості систем керування за різними критеріями	4
6	Вивчення методів опису (представлення) систем керування та їх ланок в середовищі Matlab	8
7	Розрахунок частотних та часових характеристик, дослідження стійкості систем керування та їх ланок в середовищі Matlab	8
	<b>Разом</b>	<b>32</b>

### 6. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Засвоєння основних понять теорії автоматичного керування.	10
2	Принципи функціонування систем стабілізації висоти, курсу, крену та тангажу літальних апаратів.	6
3	Операторний метод вирішення диференційних рівнянь за допомогою перетворення Лапласа. Відображення по Лапласу основних математичних функцій.	4
4	Зворотне перетворення Лапласа. Зворотне відображення по Лапласу основних математичних функцій.	4
5	Вивчення характеристик коливальної, консервативної й аперіодичної ланок другого порядку.	6

6	Способи паралельної та послідовної корекції стійкості систем керування.	8
7	Вивчення критеріїв стійкості дискретних САК.	6
8	Вивід узагальнених рівнянь руху об'єкта у просторі.	8
9	Ознайомлення з принципом дії сервоприводів міні-, мікро-безпілотних літальних апаратів	4
	<b>Разом</b>	<b>56</b>

### 7. Методи навчання

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

### 8. Методи контролю

Проведення поточного контролю – написання контрольних робіт, письмового модульного контролю, заключний контроль у вигляді заліку.

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

9.1. Розподіл балів, які отримують студенти (кількісні критерії оцінювання)

Складові навчальної роботи	Бали за одне заняття (завдання)	Кількість занять (завдань)	Сумарна кількість балів
<b>Змістовний модуль 1</b>			
Виконання і захист контрольних робіт	2...5	6	15...25
Модульний контроль	25	1	25
<b>Змістовний модуль 2</b>			
Виконання і захист контрольних робіт	2...5	4	15...25
Модульний контроль	25	1	25
<b>Усього за семестр</b>			<b>60...100</b>

Семестровий контроль (залік) проводиться у разі відмови студента від балів поточного тестування й за наявності допуску до заліку. Під час складання семестрового заліку студент має можливість отримати максимум 100 балів.

Білет для заліку складається з двох теоретичних питань на перевірку засвоєних знань і практичного завдання, на перевірку одержаних вмій та навичок.

Кількість балів за теоретичні питання – по 25 балів. Кількість балів за практичне завдання – 50 балів. Усього можливо отримати 100 балів.



## 9.2. Якісні критерії оцінювання

Необхідний обсяг знань для одержання позитивної оцінки: основні типи систем автоматичного керування (класифікація), основні характеристики САК, критерії стійкості САК, типові закони керування.

Необхідний обсяг вмінь для одержання позитивної оцінки: вміння здійснювати структурні перетворення схем САК, розрахунок основних характеристик САК.

## 9.3 Критерії оцінювання роботи студента протягом семестру

**Задовільно (60-74).** Мати мінімум знань та умінь. Відпрацювати та захистити всі контрольні роботи та домашні завдання. Вміти здійснювати структурні перетворення схем САК, розрахунок основних характеристик САК.

**Добре (75 - 89).** Твердо демонструвати мінімум знань, виконати усі контрольні завдання. Показати вміння виконувати та захищати всі контрольні роботи в обумовлений викладачем термін з обґрунтуванням рішень та заходів, які запропоновано у роботах. Вміти розраховувати еквівалентну передаточну функцію САК, представляти ланки САК в середовищі інженерних розрахунків Matlab, розраховувати основні характеристики в ньому.

**Відмінно (90 - 100).** Демонструвати повне знання основного та додаткового матеріалу. Знати усі теми. Орієнтуватися у підручниках та посібниках. Безпомилково виконувати та захищати всі контрольні роботи в обумовлений викладачем термін з докладним обґрунтуванням рішень та заходів для вирішення завдань, які запропоновано у роботах.

## Шкала оцінювання: бальна і традиційна

Сума балів	Оцінка за традиційною шкалою	
	Іспит, диференційований залік	Залік
90 – 100	Відмінно	Зараховано
75 – 89	Добре	
60 – 74	Задовільно	
0 – 59	Незадовільно	Не зараховано

## 10. Методичне забезпечення

1. Моделирование систем автоматического управления в среде Matlab. Методические рекомендации по выполнению практической работы [электронный ресурс] / Мазуренко А.В. // Харьков, НАКУ «ХАИ», 2016.
2. Исследование частотных характеристик линейных динамических звеньев систем управления в среде Matlab. Методические рекомендации по выполнению практической работы [электронный ресурс] / Мазуренко А.В. // Харьков, НАКУ «ХАИ», 2016.
3. Никульчев Е. В. Практикум по теории управления в среде MATLAB: учебное пособие. – М.: МГАПИ, 2002
4. Сайт кафедри: [k501.xai.edu.ua](http://k501.xai.edu.ua)

## 11. Рекомендована література

### Базова

1. Шишмарев В.Ю. Основы автоматического управления: учебн. пособие для студ. высш. учеб. заведений / В.Ю. Шишмарев. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 352с.
2. Медведев Ю.И. Курс лекций. Учебное пособие / Ю.И. Медведев. – Томск: Изд-во Том. ун-та, 2004. – 110с.
3. Мирошник И.В. Теория автоматического управления. Линейные системы / И.В. Мирошник. – СПб.: Питер, 2005. – 336с.

### Допоміжна

1. Избранные главы теории автоматического управления с примерами на языке Matlab / Б.Р. Андриевский, А.Л. Фрадков – СПб.: Наука, 2000. – 475с.
2. Никульчев Е.В. Практикум по теории управления в среде MATLAB: Учебное пособие / Е.В. Никульчев. – М.: МГАПИ, 2002. – 88с

## 12. Інформаційні ресурси

1. Документація по додатку Control System Toolbox середовища Matlab:  
<https://www.mathworks.com/help/control/>
2. Приклади аналізу систем автоматичного керування в додатку Control System Toolbox середовища Matlab:  
<https://www.mathworks.com/examples/control/category/control-system-design-and-tuning>
3. Сайт бібліотеки університету <https://library.khai.edu/>