

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



Дмитро СОКОЛ
(ім'я та прізвище)

« 26 » серпня 2024 р.

**РОБОЧА ПРОГРАМА ОБОВ'ЯЗКОВОЇ
НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

Сучасні методи побудови і моделювання систем управління
(назва навчальної дисципліни)

Галузь знань: 27 «Транспорт»
(шифр і найменування галузі знань)

Спеціальність: 272 «Авіаційний транспорт»
(код і найменування спеціальності)

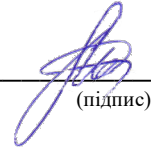
Освітня програма: Інтелектуальні транспортні системи
(найменування освітньої програми)

Форма навчання: денна

Рівень вищої освіти: другий (магістерський)

Харків 2024 рік

Розробник: Галина МІРОШНИЧЕНКО, доцент кафедри 301
(прізвище та ініціали, посада, науковий ступінь і вчене звання)


(підпис)

Робочу програму навчальної дисципліни розглянуто на засіданні кафедри
(№ 301) Систем управління літальних апаратів
(назва кафедри)

Протокол № 1 від «26» серпня 2024 р.

Завідувач кафедри к.т.н., доцент
(науковий ступінь і вчене звання)


(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	<p>Галузь знань 27 «<u>Транспорт</u>» <small>шифр і найменування</small></p> <p>Спеціальність 272 «<u>Авіаційний транспорт</u>» <small>(код і найменування)</small></p> <p>Освітня програма <u>Інтелектуальні транспортні системи</u> <small>(найменування)</small></p> <p>Рівень вищої освіти: другий (магістерський)</p>	<i>Обов'язкова</i>
Кількість модулів – 2		Навчальний рік
Кількість змістовних модулів – 2		2024/2025
Індивідуальне завдання: РР на тему «Моделювання і дослідження слідкуючої електромеханічної системи управління» <small>(назва)</small>		Семестр
Загальна кількість годин: <i>кількість годин аудиторних занять*/ загальна кількість годин – 56/120</i>		1-й
Кількість тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 3,5; самостійної роботи здобувача – 4.		Лекції*
		24 годин
		Практичні, семінарські*
		0 годин
		Лабораторні*
	32 годин	
	Самостійна робота	
64 годин		
Вид контролю	модульний контроль, іспит	

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, навичок і умінь, необхідних для виконання дослідницьких і розрахункових робіт зі створення спеціальних (оптимальних, адаптивних та інтелектуальних) систем управління об'єктами і системами авіаційного транспорту.

Завдання – отримання навичок і умінь, необхідних для виконання дослідницьких і розрахункових робіт зі створення спеціальних (оптимальних, адаптивних та інтелектуальних) систем управління в галузі авіаційного транспорту.

Компетентності, які набуваються:

Загальні:

ЗК1. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.

ЗК3. Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій.

ЗК4. Здатність проведення досліджень на відповідному рівні.

ЗК5. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

ЗК7. Здатність приймати обґрунтовані рішення

Фахові:

ФК2. Здатність застосовувати системний підхід до вирішення інженерних міждисциплінарних проблем в авіаційного транспорту.

ФК4. Здатність інтегрувати знання та вирішувати складні наукові та виробничі проблеми у сфері авіаційного транспорту, з урахуванням ширшого міждисциплінарного інженерного контексту.

ФК9. Здатність виконувати моделювання роботи компонентів перспективних та інтегрованих аеронавігаційних систем для задач дослідження і подальшого вдосконалення їх функціонування.

ФК10. Здатність до проведення робіт з дослідження та розробки компонентів і приладів перспективних авіаційних систем, відповідного алгоритмічного та програмного забезпечення.

Програмні результати навчання:

ПРН1. Спеціалізовані концептуальні знання, що включають сучасні наукові здобутки у сфері авіаційного транспорту і є основою для оригінального мислення та проведення досліджень.

ПРН2. Застосовувати сучасні методи наукових досліджень, організації та планування експерименту, цифрові технології, методи аналізу даних для розв'язання складних задач авіаційного транспорту.

ПРН9. Розробляти та аналізувати фізичні, математичні та комп'ютерні моделі, що стосуються створення, експлуатації, технічного обслуговування та ремонту об'єктів авіаційного транспорту.

ПРН10. Передавати свої знання, висновки, рішення і підгрунття їх прийняття фахівцям і неспеціалістам, у тому числі особам, що навчаються, в ясній і однозначній формі.

ПРН15. Відшукувати необхідні дані в науковій літературі, базах даних та інших джерелах, аналізувати, оцінювати та використовувати ці дані.

ПРН16. Визначати властивості та характеристики, розраховувати параметри об'єктів авіаційного транспорту.

ПРН17. Розробляти та оптимізувати параметри об'єктів і систем авіаційного транспорту та технологічних процесів, в тому числі з застосуванням автоматизованого комп'ютерного проектування виробництва вузлів, агрегатів та систем об'єктів авіаційного транспорту.

ПРН19. Проводити роботи з дослідження та розробки компонентів і приладів перспективних авіаційних систем, відповідного алгоритмічного та програмного забезпечення.

Пререквізити:

Вища математика. Літальний апарат як об'єкт управління. Теорія автоматичного управління. Системи управління об'єктами авіаційного транспорту. (Відповідно до ОПП підготовки бакалавра за спеціальністю 272 «Авіаційний транспорт»).

Кореквізити: Автоматизоване проектування об'єктів авіаційного транспорту. Проектування інтелектуальних транспортних систем.

Постреквізити: Випробування та сертифікація систем авіаційного транспорту. Технічне обслуговування повітряних суден і авіадвигунів. Кваліфікаційна робота.

3. Зміст навчальної дисципліни

Модуль 1.

Змістовний модуль 1. Оптимальні системи автоматичного управління.

Тема 1. Вступ до дисципліни «Сучасні методи побудови і моделювання систем управління». Аналіз розвитку сучасних систем управління. Класифікація сучасних СУ та їх загальна характеристика на сучасному етапі розвитку.

Тема 2. Поняття оптимального управління. Постановка завдання оптимального управління. Формальна постановка задачі оптимального управління. Критерії оптимальності.

Тема 3. Синтез оптимального управління за допомогою методу класичного варіаційного числення. Елементи класичного варіаційного числення. Окремий випадок завдання оптимального управління. Приклад синтезу оптимального управління за допомогою метода класичного варіаційного числення.

Тема 4. Рівняння стану в стандартній формі за оператором об'єкта управління. Рівняння стану в стандартній формі, отримані за оператором об'єкта управління. Структурна схема об'єкта управління.

Тема 5. Динамічні властивості САУ. Функціональна, принципова та алгоритмічна схеми систем управління. Рівняння динаміки основних елементів. Математична модель САУ у формі Коші.

Тема 6. Рівняння стану в стандартній формі для системи автоматичного управління третього порядку. Рівняння стану в стандартній формі для об'єкта управління (розімкнена слідкуюча система). Рівняння стану в стандартній формі для замкненої системи. Схема моделювання математичної моделі системи автоматичного управління.

Модульний контроль.

Змістовий модуль 2. Адаптивні та інтелектуальні системи.

Тема 7. Двомасова система автоматичного управління. Функціональна схема двомасової системи автоматичного управління. Основні рівняння динаміки двомасової системи управління. Векторно-матрична форма двомасової системи управління.

Тема 8. Трьохмасова система автоматичного управління. Функціональна схема трьохмасової системи автоматичного управління. Основні рівняння динаміки і алгоритмічна схема трьохмасової САУ. Векторно-матрична форма трьохмасової системи автоматичного управління.

Тема 9. Синтез оптимального регулятора двомасової системи автоматичного управління. Синтез оптимального регулятора на основі інтегрального квадратичного критерію якості. Структурна схема системи автоматичного управління з оптимальним регулятором. Можливості MatLab для синтезу оптимальних регуляторів.

Тема 10. Адаптивні та екстремальні системи управління. Поняття про екстремальне управління. Характеристика об'єктів екстремального управління. Принципи побудови одновимірних екстремальних САУ. СЕУ з запам'ятовуванням екстремуму. Показники якості СЕУ з безінерційним об'єктом. Методи покращання роботи СЕУ.

Тема 11. Методологія проектування інтелектуальних систем. Основи теорії нечіткої логіки. Нечіткі множини та відношення.

Тема 12. САУ з нечіткими регуляторами. Основні терміни та визначення нечіткої логіки.

Модульний контроль.

Модуль 2. Індивідуальне завдання: розрахункова робота на тему «Моделювання і дослідження слідкуючої електромеханічної системи управління».

4. Структура навчальної дисципліни

Назви змістовних модулів і тем	Кількість годин				
	Денна форма				
	Усього	У тому числі			
л		п	лаб	с.р.	
1	2	3	4	5	6
Модуль 1					
Змістовний модуль 1. Оптимальні системи автоматичного управління					
Тема 1. Вступ до дисципліни «Сучасні методи побудови і моделювання систем управління».	2	2	–	–	–
Тема 2. Поняття оптимального управління.	7	2	–	–	5
Тема 3. Синтез оптимального управління за	11	2	–	4	5

допомогою методу класичного варіаційного числення					
Тема 4. Рівняння стану в стандартній формі за оператором об'єкта управління.	11	2	–	4	5
Тема 5. Динамічні властивості САУ.	7	2	–	–	5
Тема 6. Рівняння стану в стандартній формі для системи автоматичного управління третього порядку.	10	2	–	4	4
Модульний контроль.	1	–	–	–	1
Разом за змістовним модулем 1	49	12	–	12	25
Змістовний модуль 2. Адаптивні та інтелектуальні системи.					
Тема 7. Двомасова система автоматичного управління.	10	2	–	4	4
Тема 8. Трьохмасова система автоматичного управління	11	2	–	4	5
Тема 9. Синтез оптимального регулятора двомасової системи автоматичного управління.	10	2	–	4	4
Тема 10. Адаптивні та екстремальні системи управління.	11	2	–	4	5
Тема 11. Методологія проектування інтелектуальних систем.	7	2	–	–	5
Тема 12. САУ з нечіткими регуляторами. Основні терміни та визначення нечіткої логіки.	11	2	–	4	5
Модульний контроль	1	–	–	–	1
Разом за змістовним модулем 2	61	12	–	20	30
Усього годин	110	24	–	32	54
Модуль 2.					
Індивідуальне завдання: розрахункова робота на тему «Моделювання і дослідження слідкуючої електромеханічної системи управління».	10	–	–	–	10
Усього годин	120	24	–	32	64

5. Теми семінарських занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
	Не заплановано	

6. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
	Не заплановано	

7. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	2	3
1	Дослідження системи стабілізації швидкості двигуна та побудова перехідних процесів системи	4

2	Дослідження системи автоматичного управління другого порядку за рівняннями стану в стандартній формі	4
3	Дослідження слідкуючої системи автоматичного управління за рівняннями стану в стандартній формі	4
4	Дослідження перехідних процесів двомасової системи автоматичного управління	4
5	Дослідження перехідних процесів трьохмасової САУ	4
6	Дослідження перехідних процесів двомасової системи автоматичного управління з оптимальним регулятором	4
7	Моделювання та дослідження скоригованої слідкуючої ЕМС 4-го порядку за допомогою пакету комп'ютерного моделювання	4
8	Дослідження системи позиціонування ДПТ з нечітким регулятором	4
	Разом	32

8. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1.	Принцип максимуму для автономних та неавтономних систем. Умови трансверсальності. Інтерпретація принципу максимуму. Оптимальне управління лінійним автономним об'єктом. (Тема 2).	5
2.	Принцип максимуму для систем програмного управління, оптимального за швидкодією. Теорема про число переключень. (Тема 3).	5
3.	Рекурентне співвідношення Беллмана. Зв'язок принципу максимуму Понтрягіна та динамічного програмування Беллмана (Тема 4).	5
4.	Синтез оптимального управління за допомогою методу динамічного програмування (Тема 5).	5
5.	Рівняння стану в стандартній формі для системи автоматичного управління четвертого порядку (Тема 6).	4
6.	Синтез системи автоматичного управління безпілотного літального апарату (Тема 7).	4
7.	Лінійна задача квадратичної оптимізації з незадалим кінцевим станом (Тема 8).	5
8.	Аналітичне конструювання регуляторів. Матричне нелінійне диференціальне рівняння Ріккати. Оптимальне управління з квадратичним критерієм якості. Приклад оптимізації за квадратичним критерієм. (Тема 9).	4
9.	САУ зі змінною структурою. Параметрично інваріантні компенсаційні системи управління. САУ з компенсацією еквівалентних збурень. Безпошукові САУ із самоналагоджуванням. Безпошукові САУ з еталонною моделлю. АСУ з оптимізацією якості. (Тема 10).	5
10	Використання сучасних ПІД-контролерів у системах управління (Тема 11).	5
11	Архітектура та основні складові частини нейронних регуляторів. Особливості проектування та реалізації допоміжних систем (верхнього)	5

	нижнього рівня. Обмеження використання Навчання нейронних мереж. Структура системи. Алгоритм зворотного поширення помилки (Тема 12).	
12	Модульний контроль 1.	1
13	Модульний контроль 2.	1
14	Індивідуальне завдання: розрахункова робота на тему «Моделювання та дослідження нескоригованої слідкуючої електромеханічної системи».	10
	Разом	64

9. Індивідуальні завдання

Розрахункова робота на тему «Моделювання та дослідження слідкуючої електромеханічної системи управління».

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 іспиту.

12. Критерії оцінювання та розподіл балів, які отримують здобувачі

Складові навчальної роботи	Бали за одне заняття (завдання)	Кількість занять (завдань)	Сумарна кількість балів
Модуль 1			
Змістовний модуль 1			
Робота на лекціях	0...2	6	0...12
Виконання і захист лабораторних робіт	0...6	3	0...18
Модульний контроль	0...7	1	0...7
Змістовний модуль 2			
Робота на лекціях	0...2	6	0...12
Виконання і захист лабораторних робіт	0...6	5	0...30
Модульний контроль	0...7	1	0...7
Модуль 2			
Виконання і захист РР	0...14	1	0...14
Усього за семестр			0...100

Білет для іспиту складається з теоретичних та практичних запитань. Наприклад:

1. Оптимальне управління. Максимальна кількість балів – 20.
2. Завдання: Дано нечіткі множини:

$$A = 0,5/x_1 + 0,3/x_2 + 0,9/x_3,$$

$$B = 0,8/x_1 + 0,2/x_2 + 1/x_3,$$

$$C = 0,1/x_1 + 0,2/x_2 + 0,8/x_3.$$

Знайти множини: $A \cup B$, $A \cap C$, \bar{A} , $A - B$.

Максимальна кількість балів – 40.

3. Визначити мінімально можливу втрату палива і час руху по оптимальній траєкторії об'єкта, який описується рівнянням: $\frac{d^2y}{dt^2} = U$; при переводі його з початкового стану $y(0), \dot{y}(0)$ в кінцевий $y(t_k) = \dot{y}(t_k) = 0$; якщо $|U(t)| \leq 1$, А час t_k не задано. Завдання вирішити для значень $y(0) = 3; \dot{y}(0) = 3$;

Максимальна кількість балів – 40.

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

Критерії оцінювання роботи здобувача протягом семестру

Задовільно (60–74):

Показати мінімум знань та умінь, допускати помилки у вирішенні практичних завдань; захистити всі практичні, лабораторні завдання та індивідуальне завдання, виконав усі модульні завдання, має не впевнені практичні навички роботи з пакетом Matlab; зменшити кількість балів в межах оцінки можливе за неточні та неповні відповіді на теоретичні та практичні запитання.

Добре (75–89):

Мати достатньо глибокі знання з теоретичної частини дисципліни. Захистити всі практичні, лабораторні завдання та індивідуальне завдання, виконати усі модульні завдання з оцінкою «добре», мати практичні навички роботи із лабораторним стендом та з пакетом Matlab. Правильно розв'язувати практичні завдання, але давати нечіткі відповіді. Зменшення кількості балів в межах оцінки можливе при неповних відповідях на теоретичні або практичні запитання.

Відмінно (90–100):

Твердо знати: базові поняття і принципи, що відносяться до дисципліни. Захистив всі практичні, лабораторні завдання та індивідуальне завдання, виконав усі модульні завдання з оцінкою «відмінно», має тверді практичні навички роботи із лабораторним стендом та з середовищем моделювання Matlab Simulink.

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

13. Методичне забезпечення

1. Конспект лекцій з дисципліни.
2. Мірошніченко, Г. А. Навчальний посібник до лабораторних робіт по курсу «Сучасні методи побудови і моделювання систем управління» для магістрів 173, 272 та 174 спец. // Г.А. Мірошніченко, І. В. Бичкова, Д. В. Сокол, Є. В. Пявка. – ХАІ, 2024. – 70 стор. (ел. вид).
3. Посилання на НМКД дисципліни у системі дистанційного навчання
Ментор: <https://mentor.khai.edu/course/view.php?id=2998>

14. Рекомендована література

Базова

1. Mathematical modeling in the course «Modern methods of building and simulating of control systems» Miroshnychenko H., Chernyakov D., Kovalets S. // I Міжнародна науково-практична конференція «New ways of creating scientific ideas for implementation» Варна, Болгарія, 2023 – С. 214-218.
2. Мірошніченко Г.А. Математичне моделювання управління електроприводом / X Міжнародна науково-практична конференція «Priority directions of science and technology development», 13-15 червня 2021 р.: тези доп. – Київ, 2021. – С. 203-205.
3. Miroshnychenko H. Use of mathematical modeling for solving tasks of optimal control of an electric drive Авіаційно-космічна техніка і технологія. – 2022. – № 4. – pp. 46–51. (кат. Б). doi:10.32620/akt.2022.4.05.
4. Басова, А. Є. Методи синтезу систем автоматичної стабілізації та позиціонування [Текст]: навч. посібник / А. Є. Басова, А. С. Кулік, С. М. Пасічник, Н. М. Харіна. – Харків: Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харків. авіац. ін-т», 2019. – 192 с.
5. Збірник задач із систем автоматичного управління [Текст] / О.Г. Гордін, К.Ю. Дергачов, В.Г. Джулгаков та ін.; під заг. ред. А.С. Куліка, В.Ф. Симонова. – Х.: Нац. аерокосм. ун-т «ХАІ», 2009. – 206 с.

Допоміжна

1. Литвин О. М., Лобанова Л. С., Першина Ю. І., Мірошніченко Г. А. Розв'язання задачі синтезу регулятора електроприводу системи тиристорний перетворювач-двигун узагальненим методом найменших квадратів // IV науково-технічна конференція «Обчислювальні методи і системи перетворення інформації»: зб. праць. Львів: Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка НАН України, 2016. Вип. 4. С. 58 – 62.

15. Інформаційні ресурси

Сайт кафедри 301: k301.khai.edu