

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


(підпис)

Олена ГАВРИЛЕНКО
(ім'я та прізвище)

«26» серпня 2024 р.

**РОБОЧА ПРОГРАМА ОБОВ'ЯЗКОВОЇ
НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

Розробка цифрових систем управління
(назва навчальної дисципліни)

Галузь знань: 15 «Автоматизація та приладобудування»
(шифр і найменування галузі знань)

Спеціальність: 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»
(код і найменування спеціальності)

Освітня програма: «Інженерія мобільних додатків»
(найменування освітньої програми)

Форма навчання: денна


Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)

Харків 2024 рік

Розробник: доцент, PhD Дмитро СОКОЛ 
(посада, науковий ступінь і вчене звання, ім'я та прізвище) (підпис)

Силабус 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) (ім'я та прізвище) Костянтин ДЕРГАЧОВ

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показника	Галузь знань, спеціальність, освітня програма, рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни (денна форма навчання)
Кількість кредитів – 3,5	<p style="text-align: center;">Галузь знань <u>15 «Автоматизація та приладобудування»</u> <small>(шифр і найменування)</small></p> <p style="text-align: center;">Спеціальність <u>151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»</u> <small>(код і найменування)</small></p> <p style="text-align: center;">Освітня програма <u>«Інженерія мобільних додатків»</u> <small>(найменування)</small></p> <p style="text-align: center;">Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)</p>	Обов'язкова
Кількість модулів – 2		Навчальний рік
Кількість змістовних модулів – 2		2024/2025
Індивідуальне завдання не передбачене		Семестр
Загальна кількість годин – 48/105 <i>кількість годин аудиторних занять*/ загальна кількість годин</i>		7-й (5-й – для скор. форми)
Кількість тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 3 самостійної роботи здобувача – 3,56		Лекції*
		16 годин
		Практичні, семінарські*
		-
		Лабораторні*
	32 годин	
	Самостійна робота	
	57 годин	
	Вид контролю модульний контроль, іспит	

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної роботи становить:
48 / 57.

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

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета: формування знань і умінь, необхідних для аналітичного проектування цифрових систем автоматичного управління технічних об'єктів.

Завдання: формування у здобувачів фахових знань і практичних навичок із математичного опису цифрових елементів і систем, методів аналізу цифрових систем управління, інженерних методів синтезу алгоритмів цифрових систем управління.

Компетентності, які набуваються:

Загальні:

ЗК1. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК4. Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій.

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

ЗК8. Здатність працювати в команді.

Фахові:

ФК3. Здатність виконувати аналіз об'єктів автоматизації на основі знань про процеси, що в них відбуваються та застосовувати методи теорії автоматичного керування для дослідження, аналізу та синтезу систем автоматичного керування

ФК4. Здатність застосовувати методи системного аналізу, математичного моделювання, ідентифікації та числові методи для розроблення математичних моделей окремих елементів та систем автоматизації в цілому, для аналізу якості їх функціонування із використанням новітніх комп'ютерних технологій.

ФК9. Здатність вільно користуватись сучасними комп'ютерними та інформаційними технологіями для вирішення професійних завдань, програмувати та використовувати прикладні та спеціалізовані комп'ютерно-інтегровані середовища для вирішення задач автоматизації із застосуванням інженерії мобільних додатків.

Очікувані результати навчання:

ПРН1. Знати лінійну та векторну алгебру, диференціальне та інтегральне числення, функції багатьох змінних, функціональні ряди, диференціальні рівняння для функції однієї та багатьох змінних, операційне числення, теорію функції комплексної змінної, теорію ймовірностей та математичну статистику, теорію випадкових процесів в обсязі, необхідному для користування математичним апаратом та методами у галузі автоматизації.

ПРН4. Розуміти суть процесів, що відбуваються в об'єктах автоматизації в галузі інженерії мобільних додатків та вміти проводити аналіз об'єктів автоматизації і обґрунтовувати вибір структури, алгоритмів та схем керування ними на основі результатів дослідження їх властивостей.

ПРН5. Вміти застосовувати методи теорії автоматичного керування для дослідження, аналізу та синтезу систем автоматичного керування.

ПРН6. Вміти застосовувати методи системного аналізу, моделювання, ідентифікації та числові методи для розроблення математичних та імітаційних моделей окремих елементів та систем автоматизації в цілому, для аналізу якості їх функціонування із використанням новітніх комп'ютерних технологій.

ПРН12. Вміти використовувати різноманітне спеціалізоване програмне забезпечення для розв'язування типових інженерних задач в галузі інженерії мобільних додатків, зокрема, математичного моделювання, автоматизованого проектування, керування базами даних, методів комп'ютерної графіки.

Пререквізити: Основи моделювання об'єктів автоматизації. Теорія автоматичного управління. Мікроконтролери в системах управління (6-й семестр)

Кореквізити: Проектування систем управління. Мікроконтролери в системах управління (7-й семестр).

Постреквізити:

Проектування систем управління (КП). Кваліфікаційна робота бакалавра.

3. Зміст навчальної дисципліни

Модуль 1.

Змістовний модуль 1. Огляд задач дисципліни. Математичний апарат цифрових систем.

Тема 1. Вступ до дисципліни. Математичний опис дискретних елементів САУ. Функціональна схема цифрової САУ. Математичний опис дискретних елементів. Решітчасті функції.

Тема 2. Математичний апарат цифрових САУ. Решітчасті функції та операції над ними. Дискретні перетворення Лапласа і Фур'є. Z-перетворення решітчастих функцій. Зв'язок між безперервними і дискретними перетвореннями Лапласа і Фур'є. Теорема Котельникова. Частотні характеристики фіксатора нульового порядку та його призначення.

Тема 3. Математичний апарат цифрових САУ. Зв'язок між безперервними і дискретними перетвореннями Лапласа і Фур'є. Теорема Котельникова. Частотні характеристики фіксатора нульового порядку та його призначення.

Тема 4. Математичні моделі цифрових систем управління. Рівняння в кінцевих різницях цифрових систем управління. Дискретна передавальна функція. Фіксатор нульового порядку і математичні співвідношення. Урахування запізнювання сигналів в цифрових системах [9].

Модуль 2.

Змістовний модуль 2. Оцінка стійкості, якості, синтез цифрових САУ, приклад цифрового ПІД регулятора.

Тема 5. Рівняння «вхід-вихід» цифрових систем управління. Основні положення. Дискретна передавальна функція розімкненої цифрової системи. Співвідношення в замкнених цифрових системах управління. Співвідношення в багатоконтурних цифрових системах управління [9-11].

Тема 6. Стійкість лінійних цифрових САУ. Оцінка стійкості цифрових САУ по корінню характеристичного рівняння. Критерії стійкості цифрових САУ: аналог критерію Гурвіца, критерій стійкості Михайлова, критерій стійкості Шура-Кона, Критерій стійкості Джури.

Тема 7. Аналіз якості ЦСАУ. Методи побудови перехідних характеристик. Рекурентний метод. Метод простору станів. Розкладання в ряд Лорана. Застосування таблиць Z-перетворень. Контурне інтегрування. Оцінка усталеною помилки ЦСАУ.

Тема 8. Синтез цифрових САУ. Цифрові регулятори в системах управління та їх налаштування. Методи корекції ЦСАУ. Синтез послідовного цифрового коригувального пристрою за допомогою білінійного перетворення. Вибір періоду квантування T_0 . Дискретна форма регулятора. Перехід до кінцево-різницевих рівнянь. Рівняння цифрового ПІД-регулятора [9-11].

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
Модуль 1					
Змістовний модуль 1. Огляд задач дисципліни. Математичний апарат цифрових систем.					
Тема 1. Вступ до дисципліни.	7	2	-	-	5
Тема 2. Математичний апарат цифрових САУ.	11	2	-	4	5
Тема 3. Математичний апарат цифрових САУ.	12	2	-	4	6
Тема 4. Математичні моделі цифрових систем управління.	12	2		4	6
Разом за змістовним модулем 1	42	8	-	12	22
Модуль 2					
Змістовний модуль 2. Оцінка стійкості, якості, синтез цифрових САУ, приклад цифрового ПІД регулятора.					
Тема 5. Рівняння «вхід-вихід» цифрових систем управління.	14	2	-	4	8
Тема 6. Стійкість лінійних цифрових САУ.	15	2	-	4	9
Тема 7. Аналіз якості ЦСАУ. Методи побудови перехідних характеристик.	15	2	-	4	9
Тема 8. Синтез цифрових САУ. Цифрові регулятори в системах управління та їх налаштування.	19	2	-	8	9
Разом за змістовним модулем 2	63	8	-	20	35
Усього годин	105	16	-	32	57

5. Теми семінарських занять

№ п/п	Назва теми	Кількість годин
1	Не передбачені	

6. Теми практичних занять

№ п/п	Назва теми	Кількість годин
	Не передбачені	

7. Теми лабораторних занять

№ п/п	Назва теми	Кількість годин
1	Квантування сигналів. Решітчасті функції та операції над ними.	4
2	Математичний апарат цифрових САУ. Знаходження Z-перетворень і передавальних функцій елементів ЦСАУ.	4
3	Математичний апарат цифрових САУ. Отримання передавальних функцій системи, знаходження простору станів для цифрової системи управління.	4
4	Оцінка стійкості ЦСУ. Отримання навичок у вирішенні завдань у цифрових системах управління.	4
5	Дослідження цифрової та безперервної САУ.	4
6	Методи перетворення неперервної системи автоматичного управління в цифрову систему, отримання передавальних функцій цифрових систем.	4
7	Система автоматичного керування з дискретним ПД регулятором.	8
	Разом	32

8. Самостійна робота

№ п/п	Назва теми	Кількість годин
1	Вступ до дисципліни.	5
2	Математичний апарат цифрових САУ.	5
3	Математичний апарат цифрових САУ.	6
4	Математичні моделі цифрових систем управління.	6
5	Рівняння «вхід-вихід» цифрових систем управління.	8
6	Стійкість лінійних цифрових САУ.	9
7	Аналіз якості ЦСАУ. Методи побудови перехідних характеристик.	9
8	Синтез цифрових САУ. Цифрові регулятори в системах управління та їх налаштування.	9
	Разом	57

9. Індивідуальні завдання

Індивідуальні завдання не передбачені.

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, відповідно до змістових модулів і тем, виконання модульної контрольної роботи; фінальний (семестровий) контроль – іспит.

12. Критерії оцінювання та розподіл балів, які отримують здобувачі

Складові навчальної роботи	Бали за одне заняття	Кількість занять (завдань)	Сумарна кількість балів
Змістовний модуль 1			
Робота на лекціях	0....1	4	0.....4
Тести з матеріалів лекції (модульний контроль)	2....6	1	2.....6
Виконання і захист лабораторних робіт	7...10	4	28...40
Змістовний модуль 2			
Робота на лекціях	0....1	4	0.....4
Тести з матеріалів лекції (модульний контроль)	2....6	1	2.....6
Виконання і захист лабораторних робіт	7...10	4	28...40
Усього за семестр			60...100

Білет для іспиту складається з одного теоретичного питання (максимальна оцінка – 30 балів), одного практичного питання (максимальна оцінка – 30 балів) та одного лабораторного завдання, яке необхідно виконати на комп'ютері (максимальна оцінка – 40 балів).

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

Критерії оцінювання роботи здобувача протягом семестру

Необхідний обсяг знань для отримання позитивної оцінки: основні принципи та методи цифрового управління, включаючи дискретизацію сигналів, розробку регуляторів та цифрову фільтрацію, теоретичні основи систем автоматичного управління, у тому числі моделі передачі даних, критерії стійкості, методи проектування та аналізу алгоритмів управління.

Необхідний обсяг умінь для отримання позитивної оцінки: проектування цифрових систем управління із застосуванням сучасних інструментів моделювання, розробка алгоритмів управління для різних динамічних систем з урахуванням їх особливостей та вимог до стійкості, моделювання та аналіз цифрових систем, включаючи перевірку характеристик стійкості, якості регулювання та стійкості системи до збурень, реалізація методів цифрової фільтрації та управління

Задовільно (60-74). Мати поверхневі знання дисципліни, освоювати лише базові методи цифрового управління. Виконувати всі завдання згідно робочої програми, але насилу застосовує знання на практиці. Припускається помилок при реалізації алгоритмів при роботі з інструментами комп'ютерного моделювання цифрових систем управління. Знання

обмежуються мінімальним рівнем на вирішення типових завдань, що утруднює виконання складніших завдань. Зменшення балів можливе за неповні чи неправильні відповіді на теоретичні та практичні питання, а також за помилки у вирішенні завдань.

Добре (75 - 89). Мати гарні знання теоретичної та практичної частини курсу. Виконувати всі завдання згідно робочої програми з оцінкою “добре”. Мати базові методи проектування та аналізу цифрових систем управління, вміти моделювати системи за допомогою комп’ютерних інструментів, але допускати незначні помилки в інтерпретації результатів або у відповідях на запитання. Відповіді на теоретичні та практичні питання правильні, але іноді недостатньо структуровані. Зменшення балів можливе за неповні чи нечіткі відповіді питання, пов’язані з аналізом практичних завдань.

Відмінно (90 - 100). Демонструвати глибокі знання ключових принципів та методів розробки цифрових систем управління, включаючи основи систем автоматичного управління, цифрову фільтрацію, проектування регуляторів та аналіз стійкості. Виконувати всі завдання згідно робочої програми з оцінкою “відмінно”. Впевнено володіти інструментами комп’ютерного моделювання цифрових систем управління, використовувати передові методи для моделювання та аналізу систем. Вміти чітко формулювати та захищати свої рішення, наводити обґрунтовані висновки та рекомендації. Зменшення балів можливе через незначні неточності у відповідях на додаткові питання, що не впливають на загальне розуміння матеріалу.

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 «Розробка цифрових систем управління».
2. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт.

Посилання на курс у системі дистанційного навчання Mentor:
<https://mentor.khai.edu/course/view.php?id=3038>

14. Рекомендована література

Базова

1. Конспект лекцій з дисципліни «Розробка цифрових системи управління», ХАІ, 2023.
2. Теорія цифрових систем [Електронний ресурс] : навчальний посібник для студ. / І. Р. Пархомей, В. П. Пасько, О. М. Польшакова, О. А. Стенін ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 2.851 Кбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 133с

3. Аналіз, синтез і проектування цифрових систем керування : навч. посібник / С. М. Єсаулов, О. Ф. Бабічева; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2018. – 150 с.
4. Гончаренко, Б. М. Основні поняття дискретних систем / Б. М. Гончаренко, А. П. Ладанюк, О. П. Лобок // Цифрові системи керування : навч. посібник. - Вінниця : Нова Книга, 2007. – 160 с.
5. Johnson M.A., Moradi M.H. PID Control. New Identification and Design Methods. — London: Springer, 2005. —544 p.

Допоміжна

6. Основи цифрових систем / [І. П. Барбаш, М. П. Благодарная, В. Я. Жихарев та ін.]. – Харків: Нац. аерокосмічний ун-т "Харк, авіац. інс-т", 2002. – 672 с.
7. Шаруда В.Г. Практикум з теорії автоматичного управління. Навчальний посібник.-Дніпропетровськ: НДТУ, 2002.-414с.
8. Жукевич А.Б. Запуск сервера і зберігання даних для автоматизації виробничих підприємств на прикладі хмарних технологій. - МІЖНАРОДНА НАУКОВО-ПРАКТИЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ «INTEGRATED COMPUTER TECHNOLOGIES IN MECHANICAL ENGINEERING» ICTM-2019 – с.119-122.
9. Жукевич А.Б., Джулгаков В.Г., Жукевич О.А. Дослідження взаємного впливу між каналами управління квадрокоптером за рахунок малої приводності БПЛА. Авіаційно-космічна техніка і технологія. Науково-технічний журнал. – Х.: Нац. аерокосм. ун-т «Харк. авіац. ін-т», 2022. – №5(183) – С. 68–81. ISSN: 1727-7337 doi: 0.32620/akt.2022.5.06
10. Жукевич А.Б. Синтез систем управління електроприводами з ковзними режимами. – Сб. статей: «Відкриті інформаційні та комп'ютерні інтегровані технології», №92, 2021. – С.121-136.
11. Жукевич А.Б. Синтез і напівнатурне моделювання системи управління гідроприводу з ковзними режимами. – Сб. статей: «Відкриті інформаційні та комп'ютерні інтегровані технології», №87, 2020. – С.121-136.

15. Інформаційні ресурси

1. Сайт кафедри 301: k301.khai.edu.