

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)

Сергій ПАСІЧНИК
(ім'я та прізвище)

«25» серпня 2023 р.

**РОБОЧА ПРОГРАМА ОBOB'ЯЗКОВОЇ
НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

АЛГОРИТМИ ЦИФРОВИХ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ
(назва навчальної дисципліни)

Галузь знань 27 «Транспорт»

Спеціальність: 272 «Авіаційний транспорт»

Освітня програма: «Інтелектуальні транспортні системи»

Форма навчання: денна

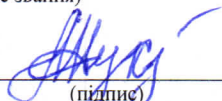
Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)

Харків 2023 рік

Розробник:

Жукевич А.Б., канд. техн. наук, доцент кафедри систем управління літальних апаратів


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


(підпис)

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

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 – 3,5	Галузь знань: 27 «Транспорт» Спеціальність: 272 «Авіаційний транспорт» Освітня програма: «Інтелектуальні транспортні системи» Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)	Обов'язкова	
Кількість модулів – 2		Навчальний рік	
Кількість змістовних модулів – 2		2023/2024	
Індивідуальне завдання – не передбачене		Семестр	
Загальна кількість годин кількість годин аудиторних занять* / загальна кількість годин 48 / 105		7-й (5-й – для скор. форми)	
		Лекції*	
Кількість тижневих годин для денної форми навчання:		16 години	
		Практичні, семінарські*	
Семестр 7			
Аудиторних – 3 год.		Самост. роботи – 3,56 год.	
		Лабораторні*	
	32 години		
	Самостійна робота		
	57 годин		
	Вид контролю		
	залік		

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 дисципліни: формування знань і умінь, необхідних для проектування цифрових систем управління літальних апаратів, розробки алгоритмів цифрової обробки даних.

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

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

- методи математичного описування дискретних сигналів, елементів та систем в часовій та частотній областях;
- методи аналізу стійкості, керованості, спостережуваності цифрових САУ;
- методи аналізу точності, швидкодії та інших основних показників якості цифрових САУ;
- методи розробки функціональних схем цифрових САУ;
- методи корекції та синтезу алгоритмів управління цифрових САУ.

Згідно з вимогами освітньо-професійної програми студенти повинні досягти таких **компетентностей:**

Загальні:

- ЗК1. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.
- ЗК2. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.
- ЗК4. Здатність проведення досліджень на відповідному рівні.
- ЗК5. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.
- ЗК6. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.
- ЗК8. Здатність приймати обґрунтовані рішення.
- ЗК9. Здатність працювати в команді.

Фахові компетентності (ФК):

- ФК2. Вміння використовувати досягнення науки і техніки в професійній діяльності, аргументувати вибір методів розв'язування спеціалізованих завдань з аналізу та синтезу систем авіаційного транспорту.
- ФК3. Здатність реалізовувати та використовувати апаратні та програмно-алгоритмічні засоби щодо збільшення точності та надійності систем управління та інших якостей ЛА.
- ФК5. Вміння аналізувати системи аеронавігаційного обслуговування авіаційного транспорту та автоматичного управління літальних апаратів, виділяти підсистеми, що є складовими загальної системи та взаємозв'язки поміж ними.
- ФК6. Вміння визначати склад випробувального обладнання необхідного для проведення експериментів по визначенню характеристик і параметрів систем управління літальних апаратів.
- ФК7. Вміння впроваджувати досягнення вітчизняної та закордонної науки та техніки, використовувати інноваційний досвід у галузі авіоніки і управління авіаційним транспортом.

Програмні результати навчання:

- ПРН1. Використовувати різні форми представлення систем аеронавігаційного обслуговування авіаційного транспорту та описувати їх різними методами (вербально, графічно, формально), аналізувати ситуації, що можуть виникати, під час їх функціонування.
- ПРН3. Використовувати досягнення науки і техніки в професійній діяльності, аргументувати вибір методів розв'язування спеціалізованих завдань з аналізу та синтезу систем аеронавігаційного обслуговування.

ПРН5. Аналізувати технічні завдання на проектування систем аеронавігаційного обслуговування та управління літальних апаратів та засобів технологічного оснащення, вибирати обладнання й технологічне оснащення.

ПРН11. Розробляти закони автоматичного управління рухом ЛА, складати диференціальні рівняння їх руху, розв'язувати задачі траскторних вимірювань.

Пререквізити:

Основи моделювання авіаційних транспортних систем. Теорія автоматичного управління. Математичні основи цифрових систем.

Кореквізити:

Проектування систем управління. Системи управління літальними апаратами.

Дисципліна забезпечує такі освітні компоненти: Інтелектуальні транспортні системи.

Кваліфікаційна роботи бакалавра.

3. Програма навчальної дисципліни

Семестр 7

Модуль 1.

Змістовий модуль 1. – Огляд задач дисципліни «Алгоритми цифрових систем управління». Математичний апарат цифрових систем.

Тема 1. Вступ до дисципліни «Алгоритми цифрових систем управління».

Математичний опис дискретних елементів САУ. Функціональна схема цифрової САУ. Математичний опис дискретних елементів. Решітчасті функції.

Тема 2. Математичний апарат цифрових САУ.

Решітчасті функції и операції над ними. Дискретні перетворення Лапласа и Фур'є. Z-перетворення решітчастих функцій.

Тема 3. Математичний апарат цифрових САУ.

Зв'язок між безперервними і дискретними перетвореннями Лапласа і Фур'є. Теорема В.А. Котельникова. Частотні характеристики фіксатора нулевого порядку та його призначення..

Тема 4. Математичні моделі цифрових систем управління.

Рівняння в кінцевих різницях цифрових систем управління. Дискретна передавальна функція. Фіксатор нулевого порядку і математичні співвідношення. Урахування запізнювання сигналів в цифрових системах [9].

Модуль 2.

Змістовий модуль 2. – Оцінка стійкості, якості, синтез цифрових САУ, приклад цифрового ПД регулятора.

Тема 5. Рівняння «вхід-вихід» цифрових систем управління.

Основні положення. Дискретна передавальна функція розімкнутої 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 настройка.

Методи корекції ЦСАУ. Синтез послідовного цифрового коригувального пристрою за допомогою білінійного перетворення. Вибір періоду квантування T_0 . Дискретна форма регулятора. Перехід до кінцево-різницевого рівнянь. Рівняння цифрового ПД-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
Семестр 7					
Модуль 1					
Змістовий модуль 1. – Огляд задач дисципліни «теорія цифрових систем». Математичний апарат цифрових систем.					
Тема 1. Вступ до дисципліни «Алгоритми цифрових систем управління». Функціональна схема цифрової САУ. Математичний опис дискретних елементів. Решітчасті функції.	9	2	-	2	5
Тема 2. Математичний апарат цифрових САУ. Решітчасті функції и операції над ними. Дискретні перетворення Лапласа и Фур'є. Z-перетворення решітчастих функцій.	11	2	-	4	5
Тема 3. Математичний апарат цифрових САУ. Теорема В.А. Котельникова. Частотні характеристики фіксатора нулевого порядку та його призначення..	12	2	-	4	6
Тема 4. Математичні моделі цифрових систем управління. Рівняння в кінцевих різницях цифрових систем управління. Дискретна передавальна функція..	14	2	-	6	6
Разом за змістовним модулем 1	46	8	-	16	22
Модуль 2					
Змістовий 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 розімкнутої цифрової системи	14	2	-	4	8
Тема 6. Стійкість лінійних цифрових САУ є Оцінка стійкості цифрових САУ по корінню характеристичного рівняння. Критерії стійкості цифрових САУ	15	2	-	4	9
Тема 7. Аналіз якості ЦСАУ. Методи побудови перехідних характеристик. Рекурентний метод. Метод простору станів. Розкладання	15	2	-	4	9

в ряд Лорана.					
Тема 8. Синтез цифрових САУ. Цифрові регулятори в системах управління та їх настройка. Методи корекції ЦСАУ. Синтез послідовного цифрового коригувального пристрою	15	2	-	4	9
Разом за змістовним модулем 2	59	8	-	16	35
Усього за модулями 1, 2 (семестр 7)	105	16	-	32	57
Усього годин за дисципліною	105	16	-	32	57
Контрольний захід – семестровий залік					

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 і 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 стану для цифрової системи управління	4
4	Оцінка стійкості ЦСУ. Отримання навичок у вирішенні завдань в 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 ПІД регулятором	8
	Разом з дисципліни	32

8. Самостійна робота

№ п/п	Назва теми	Кількість годин
1	Тема 1. Вступ до дисципліни «Алгоритми цифрових систем управління». Функціональна схема цифрової САУ. Математичний опис дискретних елементів. Решітчасті функції.	5
2	Тема 2. Математичний апарат цифрових САУ. Решітчасті функції і операції над ними. Дискретні перетворення Лапласа і Фур'є. Z-перетворення решітчастих функцій	5
3	Тема 3. Математичний апарат цифрових САУ. Теорема В.А. Котельникова. Частотні характеристики фіксатора нулевого порядку та його призначення	6
4	Тема 4. Математичні моделі цифрових систем управління. Рівняння в кінцевих різницях цифрових систем управління. Дискретна передавальна функція..	6
5	Тема 5. Рівняння «вхід-вихід» цифрових систем управління. Основні положення. Дискретна передавальна функція розімкнутої цифрової системи	8
6	Тема 6. Стійкість лінійних цифрових САУ. Оцінка стійкості цифрових САУ по корінню характеристичного рівняння. Критерії стійкості цифрових САУ	9
7	Тема 7. Аналіз якості ЦСАУ. Методи побудови перехідних характеристик. Рекурентний метод. Метод простору станів. Розкладання в ряд Лорана.	9
8	Тема 8. Синтез цифрових САУ. Цифрові регулятори в системах управління та їх настройка. Методи корекції ЦСАУ. Синтез послідовного цифрового коригувального пристрою	9
	Разом за семестр 7	57
	Разом	57

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 – залік.

12. Критерії оцінювання та розподіл балів, які отримують студенти

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

7 семестр

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	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	2....6	1	2.....6
Виконання і захист лабораторних робіт	7...10	4	28...40
Усього за семестр			60...100

Семестровий контроль у вигляді заліку проводиться за рахунок отриманих студентом балів поточного тестування. Відмітка заліку не диференціюється, та складається з традиційних «Зараховано» та «Не зараховано».

12.2. Якісні критерії оцінювання

Необхідний обсяг вмінь для одержання позитивної оцінки:

- розраховувати типові цифрових систем управління;
- формувати функціональну і принципову цифрових САУ;
- володіти навичками обробки дискретних систем, перетворення неперервної системи в цифрому;
- володіти навичками роботи в комп'ютерних середовищах моделювання.

13. Критерії оцінювання роботи здобквача протягом семестру

1. Відмінно (90÷100 балів) виставляється здобувачеві:

1.1 Який твердо знає: базові поняття і принципи, що відносяться до дисципліни «Теорія цифрових систем». Захистив всі лабораторні завдання з оцінкою «відмінно», має тверді практичні навички роботи зі структурами цифрових систем управління. 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 здобувачеві:

2.1 Який має достатньо глибокі знання з теоретичної частини дисципліни. Захистив всі лабораторні завдання з оцінкою «добре», має практичні навички роботи зі структурами систем управління. 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 здобувачеві:

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

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

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

14 Методичне забезпечення

Рекомендована література (Базова)

1. Конспект лекцій з дисципліни «Цифрові системи управління і авіоніці», 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.

Додаткова література

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/aktt.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.

Розміщення НКМД дисципліни у системі дистанційного навчання Ментор:
<https://mentor.khai.edu/course/view.php?id=3042>

15. Інформаційні ресурси

1. Сайт кафедри 301: k301.khai.edu.