

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

кафедра Систем управління літальних апаратів (№ 301)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Гарант освітньо-професійної
програми

 А.С. Кулік
«24» серпня 2021 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА ОБОВ'ЯЗКОВОЇ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

ЦИФРОВІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ В АВІОНІЦІ

(шифр і назва навчальної дисципліни)

Галузі знань: 17 «Електроніка та телекомунікації»

Спеціальність: 173 «Авіоніка»

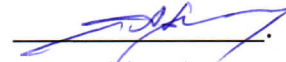
Освітні програми: Системи автономної навігації та адаптивного управ-
ління літальних апаратів.

Форма навчання: денна

Рівень вищої освіти:
перший (бакалаврський)

Харків 2021

Розробник: Паршин А.П., доцент кафедри Систем управління літальних апаратів, к.т.н., доцент


(підпис)

«27» серпня 2021 р.

Робочу програму розглянуто на засіданні кафедри Систем управління літальних апаратів

Протокол № 1 від «27» серпня 2021 р.

Завідувач кафедри 301 к.т.н., доцент


(підпис)

(К.Ю. Дергачов)
(прізвище та ініціали)

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність, освітня програма, рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни	
		Денна форма навчання	
Кількість кредитів – 5,5	Галузь знань: 17 «Електроніка та телекомунікації».	Обов’язкова	
Кількість модулів – 3		Навчальний рік:	
Кількість змістових модулів – 3			
Індивідуальні завдання: 1. Оцінювання стійкості, керованості і спостережуваності, статичної похибки лінійних цифрових САУ	Спеціальність: 173 «Авіоніка»	2021/2022	
		Семестр	
		7-й	8-й
Загальна кількість годин денна 80/165	Освітні програми: Системи автономної навігації та адаптивного управління літальних апаратів.	Лекції	
Кількість тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних - 5 самостійної роботи студента –5,3			32год.
	Практичні		
	16 год.	-	
	Лабораторні		
	32 год.	-	
	Самостійна робота		
	85 год.	-	
	Вид контролю		
	іспит	-	

Примітка: Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної і індивідуальної роботи становить: для денної форми навчання –80/85.

*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 проектування цифрових систем автоматичного управління технічних об'єктів.

Предметом вивчення дисципліни є теоретичні основи, методи аналізу і синтезу цифрових систем управління.

Об'єктом вивчення є математичне описування дискретних сигналів та елементів, математичне описування цифрових САУ в часовій і частотній області, аналіз стійкості та якості цифрових САУ, методи корекції цифрових САУ.

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.

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

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:

ФК2. Вміння використовувати досягнення науки і техніки в професійній діяльності, аргументувати вибір методів розв'язування спеціалізованих завдань з аналізу та синтезу інтелектуальних транспортних систем.

ФК3. Здатність реалізовувати та використовувати апаратні та програмно-алгоритмічні засоби щодо збільшення точності та надійності систем управління та інших якостей інтелектуальних транспортних систем.

ФК6. Вміння аналізувати системи автоматизації, формувати архітектуру систем автоматичного управління, виділяти підсистеми, що є складовими загальної системи та взаємозв'язки поміж ними.

ФК7. Вміння визначати склад випробувального обладнання необхідного для проведення експериментів по визначенню характеристик і параметрів інтелектуальних транспортних систем.

ФК9. Вміння впроваджувати досягнення вітчизняної та закордонної науки та техніки,

Результати навчання:

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен

знати:

- основи теорії, принципи побудови і функціонування, особливості структурно-схемної реалізації і характеристики складових частин ЦСУ;

- оцінювання стійкості цифрових САУ за алгебраїчними і частотними критеріями;
- оцінювання спостережливості і керованості ЦСУ;
- методи корекції цифрових САУ.

вміти:

- аналізувати ЦСУ на стійкість;
- досліджувати і аналізувати динамічні і точностні характеристики ЦСУ.

мати уявлення:

- про технічну реалізацію законів і алгоритмів функціонування цифрових систем управління технічними об'єктами;
- про сучасну теорію цифрових систем управління і перспективи її розвитку.

Програмні результати навчання:

ПРН1. Використовувати різні форми представлення інтелектуальних транспортних систем 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 інтелектуальних транспортних систем.

ПРН4. Застосовувати сучасні технології автоматизації проектування та конструювання інформаційно-управляючих систем, вміти створювати апаратно-програмні засоби стосовно збільшення точності, надійності функціонування систем управління та інших якостей інтелектуальних транспортних систем.

ПРН7. Аналізувати та створювати архітектуру систем автоматичного управління транспортними засобами, виділяти підсистеми та об'єкти, що є складовими системи, та взаємозв'язки між ними.

ПРН8. Визначати структуру і параметри випробувального обладнання для проведення експериментів по визначенню характеристик приладів та систем управління, параметрів їх вузлів та виробів.

ПРН12. Використовувати сучасні інформаційно-комунікаційні технології в галузі інтелектуальних транспортних систем.

ПРН13. Розробляти закони автоматичного управління рухом, складати диференціальні рівняння їх руху, розв'язувати задачі траєкторних вимірювань.

Пререквізити:

Передумови для вивчення даної дисципліни:

Вища математика: диференціальне та інтегральне обчислювання; дослідження функцій та побудова їх графіків. Теорія автоматичного управління. Інформаційно-вимірювальні пристрої

Кореквізити:

Дисципліна підтримує наступні курси:

Мікроконтролери в системах управління. Теорія автоматичного управління. Системи управління літальними апаратами.

3. Програма навчальної дисципліни

Модуль 1. Математичне описування цифрових САУ.

Змістовий модуль 1. Математичне описування цифрових САУ.

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

Предмет вивчення і задачі дисципліни «Алгоритми цифрових систем управління». Місце дисципліни в навчальній системі підготовки фахівців в галузі систем автоматичного управління.

Тема 2. Математичне описування дискретних сигналів та елементів.

Функціональна схема типової цифрової САУ. Дискретні сигнали. Дискретні елементи. Квантування сигналів за рівнем. Квантування сигналів за часом. Імпульсна модуляція сигналів. Математичний опис амплітудно – імпульсних модуляторів в часовій та частотній областях.

Тема 3. Математичний апарат цифрових САУ.

Решітчасті функції та операції над ними. Кінцеві різниці та кінцеві суми. Дискретні перетворення Лапласа і Фур'є. Z-перетворення решітчастих функцій. Теореми Z-перетворення. Зв'язок між безперервним і дискретним перетвореннями Лапласа і Фур'є. Теореми В.О. Котельникова. Частотні характеристики фіксатора.

Тема 4. Математичне описування цифрових САУ в часовій області.

Отримання та вирішення рівнянь стану та виходу. Побудова векторно – матричної структурної схеми цифрової САУ. Отримання векторно – матричних рівнянь стану та виходу цифрових САУ.

Тема 5. Математичне описування цифрових САУ в частотній області.

Передаточна функція обчислювача. Передаточна функція імпульсного фіксатора. Передаточні функції послідовного, паралельного та зустрічно – паралельного з'єднань цифрових систем.

Модуль 2. Аналіз стійкості та якості цифрових САУ.

Змістовий модуль 2. Аналіз стійкості та якості цифрових САУ.

Тема 6. Оцінювання стійкості цифрових САУ за алгебраїчними критеріями.

Оцінювання стійкості лінійних цифрових САУ за коренями характеристичного рівняння. Оцінювання стійкості цифрових САУ за допомогою аналогів критеріїв Гурвіца, Михайлова та критерія Джурі.

Тема 7. Оцінювання стійкості лінійних цифрових САУ за частотними критеріями.

Оцінювання стійкості цифрових САУ за допомогою критерія Найквіста. Оцінювання стійкості цифрових САУ за допомогою логарифмічного критерія. Частотні характеристики імпульсного та цифрового інтеграторів. Оцінювання запасів стійкості.

Тема 8. Оцінювання керованості і спостережуваності лінійних цифрових САУ.

Оцінювання керованості цифрових САУ. Оцінювання спостережуваності цифрових САУ.

Тема 9. Аналіз швидкості та перерегулювання цифрових САУ.

Рекурентний метод побудови перехідних характеристик цифрових САУ. Використання методу простору стану для побудови перехідних характеристик. Розкладання зображення перехідної характеристики в ряд Лорана. Застосування таблиць Z – перетворення для аналізу якості лінійних цифрових САУ. Контурне інтегрування.

Тема 10. Оцінювання точності цифрових САУ.

Оцінювання статичної похибки в цифрових САУ. Оцінювання швидкісної похибки в цифрових САУ. Оцінювання похибки за прискоренням. Обчислення коефіцієнтів передачі статичних і астатичних цифрових САУ.

Модуль 3. Синтез цифрових САУ.

Змістовий модуль 3. Синтез цифрових САУ.

Тема 11. Методи корекції цифрових САУ.

Корекція цифрових САУ за допомогою фазозапізнюючих ланок. Корекція цифрових САУ за допомогою фазо випереджаючих ланок. Обчислення параметрів ПД – регулятора.

Тема 12. Вибір періоду квантування для цифрових САУ.

Вибір періоду квантування САУ, що забезпечує задану точність передачі інформації, стійкість системи, задану полосу пропускання цифрової САУ. Ефект поглинання частоти.

Тема 13. Синтез послідовного цифрового регулятора.

Постановка задачі синтезу регулятора. Обчислення потрібного порядку астатизму. Обчислення потрібної величини коефіцієнта передачі САУ. Побудова логарифмічної амплітудно – частотної характеристики (ЛАЧХ) наявної системи. Побудова ЛАЧХ бажаної системи. Побудова ЛАЧХ коректуючого пристрою. Знаходження алгоритму управління цифрової САУ.

Тема 14. Аналіз і синтез САУ за допомогою машинного моделювання.

Аналіз і синтез цифрових САУ за допомогою комп'ютерного моделювання в середовищі MATLAB/SIMULINK.

Тема 15. Аналіз і синтез САУ за допомогою напівнатурного моделювання.

Підготовка задачі до напівнатурного моделювання. Дослідження цифрової САУ на стенді. Вибір параметрів ПД – регулятора. Дослідження впливу параметрів регулятора на якість САУ. Дослідження впливу нелінійностей реальних елементів на якість цифрових САУ.

4. Структура навчальної дисципліни

Назви тем	Кількість годин				
	денна форма				
	усього	у тому числі			
		лек.	пз.	лаб.	с.р.
1	2	3	4	5	7
Модуль 1. Математичне описування цифрових САУ.					
Змістовий модуль 1. Математичне описування цифрових САУ.					
Тема 1. Вступ до навчальної дисципліни «Алгоритми цифрових систем управління».	3	1	-	-	2
Тема 2. Математичне описування дискретних сигналів та елементів.	10	1	2	2	5
Тема 3. Математичний апарат цифрових САУ.	16	4	2	4	6
Тема 4. Математичне описування цифрових САУ в часовій області.	9	4		2	3
Тема 5. Математичне описування цифрових САУ в частотній області.	10	2	2	4	2
Модульний контроль	2				2
Разом за змістовим модулем 1	50	12	6	12	20
Змістовий модуль 2. Аналіз стійкості та якості цифрових САУ.					
Тема 6. Оцінювання стійкості цифрових САУ за алгебраїчними критеріями.	11	2	2	4	3
Тема 7. Оцінювання стійкості лінійних цифрових САУ за частотними критеріями.	11	2	2	4	3
Тема 8. Оцінювання керованості і спостережуваності лінійних цифрових САУ.	9	2			7
Тема 9. Аналіз швидкості та перерегулювання цифрових САУ.	10	2			8
Тема 10. Оцінювання точності цифрових САУ.	14	2	2	4	6
Модульний контроль	4				
Разом за змістовим модулем 2	59	10	6	12	27
Змістовий модуль 3. Синтез цифрових САУ.					
Тема 11. Методи корекції цифрових САУ.	10	2			8
Тема 12. Вибір періоду квантування для цифрових САУ.	9	4	2		3
Тема 13. Синтез послідовного цифрового регулятора.	15	2	2	4	7
Тема 14. Аналіз і синтез САУ за допомогою машинного моделювання.	9	1		4	4

Тема 15. Аналіз і синтез САУ за допомогою напівнатурного моделювання.	9	1			8
Модульний контроль	4				
Разом за змістовим модулем 3	56	10	4	8	30
Усього годин	165	32	16	32	85

5. Теми семінарських занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Не заплановано	

6. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кільк. год.
1	2	3
Модуль 1. Математичне описування цифрових САУ.		
1	Квантування сигналів. Решітчасті функції та математичні операції над ними.	2
2	Математичне описування цифрових САУ в часовій області. Отримання дискретної передаточної функції ЦСУ.	2
3	Отримання передавальних функцій системи, знаходження простору стану для цифрової системи управління.	2
	Разом за модулем 1	6
Модуль 2. Аналіз стійкості та якості цифрових САУ.		
4	Оцінювання стійкості цифрових САУ за алгебраїчними критеріями.	2
5	Оцінювання стійкості цифрових САУ за частотними критеріями.	2
6	Оцінювання точності цифрових САУ.	2
	Разом за модулем 2	6
Модуль 3. Синтез цифрових САУ		
7	Розрахунок передаточної функції цифрового регулятора.	2
8	Синтез цифрового регулятора.	2
	Разом за модулем 3	4
	Разом	16

7. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
Модуль 1. Математичне описування цифрових САУ		
1	Дослідження процесів квантування за часом та рівнем у цифрових системах	2
2	Дослідження безперервної і цифрової САУ в Matlab Simulink	2

3	Методи перетворення безперервної системи автоматичного управління в цифрову систему в середовищі Matlab Simulink.	4
4	Дослідження цифрової системи стабілізації двигуна постійного струму	4
	Разом за модулем 1	12
Модуль 2. Аналіз стійкості та якості цифрових САУ.		
5	Аналіз стійкості цифрової системи автоматичного управління в середовищі Matlab Simulink.	4
6	Визначення області стійкості ЦСАС двигуна постійного струму.	4
7	Аналіз стійкості цифрової системи автоматичного управління за алгебраїчними критеріями.	4
	Разом за модулем 2	12
Модуль 3. Синтез цифрових САУ		
8	Синтез регуляторів для ЦСАУ часовими і частотними методами в середовищі Matlab Simulink.	4
9	Аналіз і синтез ЦСАУ за допомогою машинного моделювання	4
	Разом за модулем 3	8
	Разом	32

8. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
Модуль 1. Математичне описування цифрових САУ		
1	Вступ до навчальної дисципліни «Алгоритми цифрових систем управління»	2
2	Математичне описування дискретних елементів	6
3	Математичний апарат цифрових САУ	7
4	Математичне описування цифрових САУ в частотній області	4
5	Математичне описування цифрових САУ в часовій області	1
	Разом за модулем 1	20
Модуль 2. Аналіз стійкості та якості цифрових САУ.		
6	Оцінювання стійкості цифрових САУ за алгебраїчними критеріями	4
7	Оцінювання стійкості цифрових САУ за частотними критеріями	4
8	Оцінювання керованості і спостережуваності лінійних ЦСАУ	8
9	Аналіз швидкості та перерегулювання цифрових САУ	8
10	Оцінювання точності цифрових САУ	7

	Разом за модулем 2	31
Модуль 3. Синтез цифрових САУ.		
11	Синтез послідовного цифрового коректуючого пристрою	8
12	Вирішення задачі синтезу алгоритмів цифрових систем модального управління	4
13	Методи корекції цифрових САУ	8
14	Аналіз і синтез ЦСАУ за допомогою машинного моделювання	5
15	Аналіз і синтез ЦСАУ за допомогою напівнатурного моделювання	9
	Разом за модулем 3	34
	Разом	85

9. Індивідуальні завдання

1. Розрахунково-графічна робота «Оцінювання стійкості, керованості і спостережуваності, статичної похибки лінійних цифрових САУ».

10. Методи навчання

Проведення аудиторних лекцій, лабораторних занять, індивідуальні консультації (при необхідності), самостійна робота студентів за матеріалами, опублікованими кафедрою (методичне забезпечення).

11. Методи контролю

Проведення поточного та модульного контролю, оформлення та захист звітів з лабораторних та практичних робіт, фінальний контроль у вигляді іспиту.

12. Критерії оцінювання та розподіл балів, які отримують студенти

12.1. Розподіл балів, які отримують студенти

7 семестр

Складові навчальної роботи	Бали за одне завдання (завдання)	Кількість завдань (завдань)	Сумарна кількість балів
Змістовний модуль 1			
Робота на лекціях	0...1	6	0...6
Виконання і захист лабораторних робіт	2...3	3	6...9
Виконання і захист практичних робіт	2...3	3	6...9
Змістовний модуль 2			
Робота на лекціях	0...1	5	0...5
Виконання і захист лабораторних робіт	2...3	3	6...9
Виконання і захист практичних робіт	2...3	3	6...9
Змістовний модуль 3			

Робота на лекціях	0...1	5	0...5
Виконання і захист лабораторних робіт	2...3	2	4...6
Виконання і захист практичних робіт	2...3	2	4...6
Виконання і захист РР	0...9	4	0...36
Усього	60...100		

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

Білет для іспиту/заліку складається з одного теоретичного питання (30 балів), одного практичного питання (30 балів) та одного лабораторного завдання, яке необхідно виконати на лабораторному стенді (40 балів).

12.2. Якісні критерії оцінювання

Необхідний обсяг знань для одержання позитивної оцінки:

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.

Необхідний обсяг вмінь для одержання позитивної оцінки:

Вміти виконувати вербальний графічний і математичний опис дискретних сигналів, елементів та систем в часовій і частотній областях; оцінювати стійкість, керованість, спостережуваність лінійних цифрових САУ за допомогою алгебраїчних і частотних методів; оцінювати точність, швидкодію, перерегулювання та інші основні показники якості цифрових САУ за допомогою аналітичних методів; вирішувати задачі стабілізації і позиціонування об'єктів управління за допомогою аналітичних методів; працювати з: обладнанням та засобами вимірювання, які застосовуються при проведенні лабораторних та практичних робіт; програмами моделювання *Matlab Simulink*.

12.3. Критерії оцінювання роботи студента протягом семестру

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

1.1 Який твердо **знає**: 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; **вміє**: виконувати вербальний графічний

і математичний опис дискретних сигналів, елементів та систем в часовій і частотній областях; оцінювати стійкість, керованість, спостережуваність лінійних цифрових САУ за допомогою алгебраїчних і частотних методів; оцінювати точність, швидкодію, перерегулювання та інші основні показники якості цифрових САУ за допомогою аналітичних методів; вирішувати задачі стабілізації і позиціювання об'єктів управління за допомогою аналітичних методів; вирішувати задачі стабілізації і позиціювання об'єктів управління за допомогою машинного і напівнатурного моделювання цифрових САУ.

При цьому студент використовуючи знання з дисципліни, повно та правильно відповідає на всі питання, які були поставлені перед ним. У всіх відповідях студент, не допустив суттєвих неточностей, вільно користується навчальною та науково-технічною літературою з питань дисципліни.

1.2 Який проявляє вміння логічно і чітко скласти свою відповідь, розв'язати типову задачу та практичне завдання, а також відповідати на всі додаткові питання.

1.3 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 (п. 1.1), Захистив всі практичні, лабораторні завдання та індивідуальне завдання, виконав усі модульні завдання з оцінкою «добре», має практичні навички роботи, але 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 в не впевнено володіє теоретичним матеріалом (з п. 1.1), вирішив задачу або практичне (лабораторне) завдання з грубими помилками, не відповів на деякі додаткові запитання.

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

4. Незадовільно (1÷59 балів) виставляється студенту:

4.1 Який не володіє основними питаннями теоретичної частини (з п. 1.1), не розв'язав задачу та не виконав практичне (лабораторне) завдання, не відповів на більшість додаткових запитань.

4.2 Зменшення кількості балів в межах оцінки можливе за грубі помилки при відповідях на 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 «Цифрові системи управління» 2021 р.
 2. Слайди з презентаціями лекційних матеріалів з дисципліни «Цифрові системи управління». 2021 р.
 3. Методичні вказівки і завдання до виконання лабораторних і практичних робіт з дисципліни «Цифрові системи управління». 2021 р.
- Все методичне забезпечення в електронному вигляді розміщене на хмарному сховищі і відкрито для всіх користувачів. Автор розробок – доцент каф. 301 Паршин А.П. Посилання для ознайомлення і скачування:

<https://drive.google.com/drive/folders/1jcwMcmrIaVviCo78M36gzqu9ukt7XDlq>

14. Рекомендована література

Базова

1. Євстіфєєв В.О. Теорія автоматичного керування. За редакцією д.т.н., професора Д.Й. Родькіна. Частина друга. Спеціальні системи автоматичного керування. Навчальний посібник. – Кременчук: КДПУ, 2005. – 185 с.
2. Зимовін А.Я., Паршин А.П. Цифрові системи управління: навчальний посібник до лабораторного практикуму. – Харків: Нац. аерокосм. ун-т «Харьков. авиац. ин-т», 2021. – 136 с.
3. Rolf Isermann. Digital Control Systems. Volume 1: Fundamentals, Deterministic Control. Springer Science & Business Media, 2013 – 336 p.
4. Dorf Richard C., Bishop Robert H. Modern control systems. 13th edition. — New York: Pearson, 2017. — 1106 p.
5. Modern Control Systems Analysis and Design Using MATLAB and SIMULINK. Robert H. Bishop. Tsinghua University Press, 2003 - Computer-aided design – 255 p.
6. Lopez C.P. MATLAB Control Systems Engineering Springer. Science+Business Media New York, 2014. – 163 p.

Допоміжна

6. Єгоров О.П., Малик П.В., Кузьменко М.Ю. Цифрові системи управління і обробки інформації: Навчальний посібник. Дніпропетровськ: НМетАУ, 2012р. - 178 с.
7. Гоголюк П.Ф. Теорія автоматичного керування [навчальний посібник] / П.Ф. Гоголюк, Т.М. Гречин. – Львів: Видавництво Національного університету “Львівська політехніка”, 2009. – 280 с.
8. Синтез алгоритмів цифрового управління для автоматичних слідкувальних систем / І.В. Зімчук, В.І. Іщенко, І.О. Канкін // Системні дослідження та інформаційні технології. — 2015. — № 1. — С. 32-38.

15. Інформаційні ресурси

Сайт кафедри 301: k301.khai.edu.