

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

кафедра Систем управління літальних апаратів (№ 301)

СИЛАБУС
ОБОВ’ЯЗКОВОЇ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
ЦИФРОВІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ
(шифр і назва навчальної дисципліни)

Галузі знань: 27 «Транспорт».

Спеціальності: 272 «Авіаційний транспорт».

Освітні програми: «Інтелектуальні транспортні системи»

Форма навчання: денна

Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)

Харків 2019

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність, освітня програма, рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни
Кількість годин/кредитів 165/5,5	Галузь знань 27 «Транспорт». Освітні програми: Інтелектуальні транспортні системи. Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський).	Обов’язкова навчальна дисципліна
		Семестр
		7-й
		Лекції
		32год.
		Практичні 16 год.
		Лабораторні
		32 год.
		Самостійна робота
		Мова навчання: українська
Консультації		
32 год.		
Вид контролю: модульний контроль, іспит		

2. Інформація про викладача

Паршин Анатолій Павлович, кандидат технічних наук, доцент;
посада: доцент кафедри Систем управління літальних апаратів;
ел. пошта: a.parshyn@khai.edu.

3. Опис навчальної дисципліни

Анотація до дисципліни.

Силабус навчальної дисципліни розроблено, на основі системного підходу до сучасних тенденцій розвитку інженерних підходів в галузі проектування цифрових систем автоматичного управління. Змістовно програма силабусу спрямована на здобуття студентами певних знань у галузі «Транспорт», а також формування уявлення про основні напрямки щодо розвитку світової практики аналізу і синтезу цифрових систем автоматичного управління..

Мета: формування знань і умінь, необхідних для проектування цифро-

вих 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.

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

Загальні компетенції:

Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.

Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

Здатність проведення досліджень на відповідному рівні.

Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.

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

Здатність приймати обґрунтовані рішення.

Здатність працювати в команді.

Фахові компетенції:

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

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

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

Вміння визначати склад випробувального обладнання необхідного для проведення експериментів по визначенню характеристик і параметрів систем управління літальних апаратів.

Вміння впроваджувати досягнення вітчизняної та закордонної науки та техніки, використовувати інноваційний досвід у галузі автоматизації.

Програмні результати навчання:

Використовувати різні форми представлення систем авіоніки та описувати їх різними методами (вербально, графічно, формально), аналізувати ситуації, що можуть виникати, під час їх функціонування.

Використовувати досягнення науки і техніки в професійній діяльності, аргументувати вибір методів розв'язування спеціалізованих завдань з аналізу та синтезу систем авіоніки.

Застосовувати сучасні технології автоматизації проектування та конструювання інформаційно-управляючих систем у галузі авіоніки, вміти створювати апаратно-програмні засоби стосовно збільшення точності, надійності функціонування систем управління та інших якостей ЛА.

Аналізувати та створювати архітектуру систем автоматичного управ-

ління літальних апаратів, виділяти підсистеми та об'єкти, що є складовими системи, та взаємозв'язки між ними.

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

Використовувати сучасні інформаційно-комунікаційні технології в галузі авіоніки.

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

Пререквізити для вивчення даної дисципліни:

Вища математика: диференціальне та інтегральне обчислювання; дослідження функцій та побудова їх графіків. Теорія автоматичного управління. Інформаційно-вимірювальні пристрої. Інформатика: основи роботи на ПЕ-ОМ.

Постреквізити. Дисципліна підтримує наступні курси:

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

4. Програма навчальної дисципліни

Модуль 1. Математичне описування цифрових САУ.

Змістовий модуль 1. Математичне описування цифрових САУ.

Тема 1. Вступ до навчальної дисципліни «Цифрові системи управління».

Предмет вивчення і задачі дисципліни «Цифрові системи 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 коректую чого 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.

5. Структура навчальної дисципліни

Назви тем	Кількість годин				
	денна форма				
	усього	у тому числі			
		лек.	пз.	лаб.	с.р.
1	2	3	4	5	7
Тема 1. Вступ до навчальної дисципліни «Цифрові системи 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
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
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
Усього годин	165	32	16	32	85

6. Теми практичних занять

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

7. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми
1	Дослідження процесів квантування за часом та рівнем у цифрових системах
2	Дослідження безперервної і цифрової САУ в Matlab Simulink
3	Методи перетворення безперервної системи автоматичного управління в цифрову систему в середовищі Matlab Simulink.
4	Дослідження цифрової системи стабілізації двигуна постійного струму
5	Аналіз стійкості цифрової системи автоматичного управління в середовищі Matlab Simulink.
6	Аналіз стійкості цифрової системи автоматичного управління за алгебраїчними критеріями.
7	Синтез регуляторів для ЦСАУ часовими і частотними методами в середовищі Matlab Simulink.
8	Аналіз і синтез ЦСАУ за допомогою машинного моделювання

8. Завдання для самостійної роботи

№ з/п	Назва теми
1	Вступ до навчальної дисципліни «Цифрові системи управління»
2	Математичне описування дискретних елементів
3	Математичний апарат цифрових САУ
4	Математичне описування цифрових САУ в частотній області
5	Математичне описування цифрових САУ в часовій області

6	Оцінювання стійкості цифрових САУ за алгебраїчними критеріями
7	Оцінювання стійкості цифрових САУ за частотними критеріями
8	Оцінювання керованості і спостережуваності лінійних ЦСАУ
9	Аналіз швидкості та перерегулювання цифрових САУ
10	Оцінювання точності цифрових САУ
11	Синтез послідовного цифрового коректуючого пристрою
12	Вирішення задачі синтезу алгоритмів цифрових систем модального управління
13	Методи корекції цифрових САУ
14	Аналіз і синтез ЦСАУ за допомогою машинного моделювання
15	Аналіз і синтез ЦСАУ за допомогою напівнатурного моделювання

9. Індивідуальні завдання

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

10. Методи навчання

Словесно – наочні: лекції, практичні: лабораторні та практичні роботи, індивідуальні консультації (при необхідності), самостійна робота студентів за матеріалами, опублікованими кафедрою.

11. Методи контролю

Поточний контроль - відповідно до тем у вигляді письмового опитування; усного опитування; тестування.

Семестровий контроль – у вигляді письмового іспиту.

12. Критерії оцінювання та розподіл балів, які отримують студенти

12.1 Розподіл балів, які отримують студенти за семестр

Складові навчальної роботи	Бали за одне заняття (завдання)	Кількість занять (завдань)	Сумарна кількість балів
Робота на лекціях	0...1	16	0...16
Виконання і захист лабораторних робіт	1...4	8	8...32
Виконання і захист практичних робіт	1...4	8	6...32
Виконання і захист РР	0...20	1	0...20
Усього			60...100

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

Білет для іспиту складається з одного теоретичного питання (30 балів), одного практичного питання (30 балів) та одного лабораторного завдання,

яке необхідно виконати на комп'ютері в середовищі Matlab Simulink (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 позиціонування об'єктів управління за допомогою аналітичних методів; вирішувати задачі стабілізації і позиціонування об'єктів управління за допомогою машинного і напівнатурного моделювання цифрових САУ.

При цьому студент використовує 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. Політика навчальної дисципліни

Політика навчальної дисципліни визначається системою вимог, які викладач пред'являє до студента при вивченні дисципліни та ґрунтується на засадах академічної доброчесності.

Вимоги стосуються:

- відвідування занять (неприпустимість пропусків, запізень та раннього відходу до завершення занять);
- правил поведінки на заняттях (активну участь, своєчасне виконання необхідного мінімуму навчальної роботи, відключення телефонів , не вживання їжі під час занять);
- заохочень та стягнень (за що можуть нараховуватися або відніматися бали).

Порушеннями академічної доброчесності вважаються: академічний

плагіат, самоплагіат, фабрикація, фальсифікація, списування, обман, хабарництво, необ'єктивне оцінювання.

За порушення академічної доброчесності можливе:

- повторне проходження оцінювання (контрольна робота, іспит, залік тощо);
- повторне проходження відповідного освітнього компонента освітньої програми;
- відрахування із закладу освіти;
- позбавлення академічної стипендії.

14. Методичне забезпечення

1. Конспект лекцій з дисципліни «Цифрові системи управління» 2020 р.
2. Слайди з презентаціями лекційних матеріалів з дисципліни «Цифрові системи управління». 2020 р.
3. Методичні вказівки і завдання до виконання лабораторних і практичних робіт з дисципліни «Цифрові системи управління». 2020 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/1jcwMcmrIaVviCo78M36gzqu9u kt7XDlq>

14. Рекомендована література

Базова

1. Бесекерский В.А. Цифровые автоматические системы. – М.: Наука, 1976. – 576 с.
2. Олссон Г., Пиани Д. Цифровые системы автоматизации и управления. – СПб.: Невский диалект, 2001. – 557 с
3. Єгоров О.П., Малик П.В., Кузьменко М.Ю. Цифрові системи управління і обробки інформації: Навчальний посібник. Дніпропетровськ: НМетАУ, 2012р. - 178 с.
5. Гоголюк П.Ф. Теорія автоматичного керування [навчальний посібник] / П.Ф. Гоголюк, Т.М. Гречин. – Львів: Видавництво Національного університету “Львівська політехніка”, 2009. – 280 с.

Допоміжна

1. Симонов В.Ф. Цифровые системы автоматического управления / В.Ф. Симонов, И.Ю. Дыбская, В.Г. Джулгаков и др. – Учеб. пособие по лаб. Практикуму. – Х.: Нац.аэрокосм. ун-т «Харьк. Авиац. Ин-т», 2007.- 93с.

15. Інформаційні ресурси

Сайт кафедри 301: k301.info.