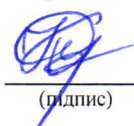


Міністерство освіти і науки України
Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»

Кафедра систем управління літальних апаратів (№ 301)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Гарант освітньої програми


(підпис)

Костянтин ДЕРГАЧОВ
(ініціали та прізвище)

«28» серпня 2023 р.

**РОБОЧА ПРОГРАМА ОBOB'ЯЗКОВОЇ
НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

ЦИФРОВІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ В АВІОНІЦІ

(назва навчальної дисципліни)

Галузь знань 17 «Електроніка та телекомунікації»

Спеціальність: 173 «Авіоніка»

Освітня програма: «Системи автономної навігації та адаптивного управління літальних апаратів»

Форма навчання: денна

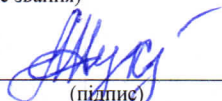
Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)

Харків 2023 рік

Розробник:

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

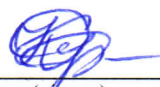
(прізвище та ініціали, посада, науковий ступінь і вчене звання)


(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 | <p>Галузь знань: 17 «Електроніка та телекомунікації»</p> <p>Спеціальність: 173 «Авіоніка»</p> <p>Освітня програма: «Системи автономної навігації та адаптивного управління літальних апаратів»</p> <p>Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)</p> | 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 курсу: формування знань і умінь, необхідних для проектування цифрових систем автоматичного управління літальних апаратів.

Завдання курсу: формування у здобувачів фахових знань і практичних навичок із математичного опису цифрових елементів і систем авіоніки, 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 застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК2. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації

ЗК4. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності

Фахові компетентності (ФК):

ФК4. Здатність до аналізу та синтезу систем керування літальних апаратів

ФК6. Здатність математично описувати і моделювати фізичні процеси в системах керування літальних апаратів

Програмні результати навчання:

ПРН1. Адаптуватися до змін технологій професійної діяльності, прогнозувати їх вплив на кінцевий результат

ПРН2. Автономно отримувати нові знання в своїй предметній та суміжних областях з різних джерел для ефективного розв'язання спеціалізованих задач професійної діяльності

ПРН3. Відповідально та кваліфіковано ставити та вирішувати задачі, пов'язані зі створенням приладів і систем авіоніки

ПРН4. Розуміти стан і перспективи розвитку предметної області

ПРН5. Організувати власну професійну діяльність, обирати оптимальні методи та способи розв'язування складних спеціалізованих задач та практичних проблем у професійній діяльності

ПРН6. Критично осмислювати основні теорії, принципи, методи і поняття у професійній діяльності

ПРН11. Розробляти технічні вимоги до систем та пристроїв авіоніки; здійснювати проектування систем та пристроїв авіоніки з урахуванням вимог замовника та нормативно-технічної документації

ПРН14. Застосовувати сучасні інформаційні технології для забезпечення функціонування літальних апаратів та наземних комплексів

ПРН15. Розробляти математичні моделі літальних апаратів як об'єктів керування

Пререквізити:

Основи моделювання систем авіоніки. Теорія автоматичного управління. Математичні основи цифрових систем.

Кореквізити:

Проектування систем управління. Системи управління літальними апаратами.

Дисципліна забезпечує виконання Кваліфікаційної роботи бакалавра.

3. Програма навчальної дисципліни

Семестр 7

Модуль 1.

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

Тема 1. Вступ до дисципліни «Цифрові системи управління в авіоніці».

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 «Цифрові системи управління в авіоніці». 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 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 «Цифрові системи управління в авіоніці». Функціональна схема цифрової САУ. Математичний опис дискретних елементів. Решітчасті функції. | 5 |
| 2 | Тема 2. Математичний апарат цифрових САУ. Решітчасті функції и операції над ними. Дискретні перетворення Лапласа и 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 студента протягом семестру

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

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 студенту:

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 студенту:

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.