

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

Кафедра «Аерокосмічних радіоелектронних систем» (№501)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**
Завідувач кафедри освітньої програми
В.В. Павліков
(підпис) (ім'я, по батькові та прізвище)

_____ 2021 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА ВИБІРКОВОЇ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

МАТЕМАТИЧНІ МЕТОДИ МОДЕЛЮВАННЯ І ОПТИМАЛЬНИХ РІШЕНЬ

(назва навчальної дисципліни)

Галузь знань: 17 «Електроніка та телекомунікації»
(шифр і найменування галузі знань)

Спеціальність: 172 «Телекомунікації та радіотехніка»
(код та найменування спеціальності)

Освітня програма: «Радіоелектронні пристрої, системи та комплекси»

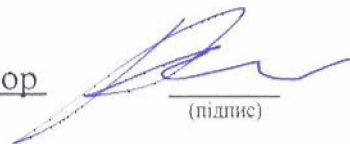
Форма навчання: денна

Рівень вищої освіти: другий (магістерський)

Харків 2021 рік

Розробники: Волосяк В. К., професор, д.т.н., професор

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



(підпис)

Робочу програму розглянуто на засіданні кафедри 501 аерокосмічних радіоелектронних систем

(назва кафедри)

Протокол № 12/20-21 від « 25 » серпня 2021 р.

Завідувач кафедри

к.т.н., доцент

(науковий ступінь та вчене звання)



(підпис)

С.С. Жила

(ініціали та прізвище)

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність, освітня програма, рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни (денна форма навчання)
Кількість кредитів – 5	Галузь знань <u>17 «Електроніка та телекомунікації»</u> (шифр і найменування)	Вибіркова
Кількість модулів – 1	Спеціальність <u>172 «Телекомунікації та радіотехніка</u> (код і найменування) Освітня програма <u>«Радіоелектронні пристрої, системи та комплекси»</u> (найменування) Рівень вищої освіти: другий (магістерський)	Навчальний рік:
Кількість змістовних модулів – 2		2021/ 2022
Індивідуальне завдання <u>Розрахункова робота</u> (назва)		Семестр
Загальна кількість годин – 150 кількість годин аудиторних занять*) - 64/ загальна кількість годин - 150		1-й
Кількість тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 4 самостійної роботи здобувача – 5,375		Лекції*)
		40 год.
	Практичні, семінарські*)	
	24 год.	
	Лабораторні*)	
	-	
	Самостійна робота	
	86 год.	
	Вид контролю	
	модульний контроль, іспит	

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної роботи становить:
для денної форми навчання – 64/86.

*) Аудиторне навантаження може бути збільшене або зменшене на одну годину в залежності від розкладу занять

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета – дати знання про особливості моделювання процесів та систем, про відповідний математичний апарат, а також знання про методи оптимізації радіотехнічних систем, та про оптимізацію прийняття статистичних рішень в цих системах.

Завдання - вивчення методів та алгоритмів моделювання регулярних процесів, моделювання випадкових процесів з різними законами розподілу ймовірностей та кореляційними властивостями. Оптимізація обробки регулярних та випадкових процесів в системах їх лінійної та нелінійної фільтрації.

Компетентності, які набуваються:

- здатність виявляти сутність проблем у професійній сфері, знаходити адекватні шляхи щодо їх розв'язання.
- здатність аналізувати, оцінювати наявну інформацію в ході професійної діяльності, за необхідності доповнювати й синтезувати відсутню інформацію й працювати в умовах невизначеності.
- здатність генерувати нові ідеї (креативність), знаходити оптимальні шляхи щодо їх реалізації.
- здатність до самостійного пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.
- здатність спілкуватися іноземною мовою.
- навички роботи з ПК.
- здатність виявляти адекватну сутність науково-технічних проблем в професійній галузі, та застосовувати для їх вирішення відповідні математичні, наукові і технічні методи, а також технічні засоби і комп'ютерне програмне забезпечення.
- здатність продемонструвати та використовувати знання і розуміння математичних принципів і методів, необхідних для підтримки проектних і дослідницьких рішень.
- здатність використовувати знання сучасних комп'ютерних та інформаційних технологій для обробки та аналізу даних.
- здатність демонструвати, аналізувати і використовувати знання друкованих та електронних ресурсів (в тому числі іншомовних) науково-технічної, довідникової та наукової інформації щодо стану, та тенденцій розвитку радіоелектронних пристроїв та систем.
- здатність використовувати знання в галузі інформатики й сучасних інформаційних технологій, а також навичок у програмуванні при розробках та дослідженнях в професійній галузі.
- здатність розробляти фізичні, математичні й імітаційні моделі радіоелектронних пристроїв та систем що проектуються та досліджуються, виконувати їх моделювання.
- здатність і вміння проведення досліджень у галузі обробки цифрових та аналогових сигналів і зображень.
- здатність застосовувати математичну теорію організації і планування експерименту та обробці його результатів, розробляти плани проведення досліджень, вибирати алгоритми опрацювання вимірювальної інформації, а також застосовувати необхідне програмне забезпечення для автоматизації обчислень.

Очікувані результати навчання:

- знати і розуміти сучасні фізико-математичні та технічні методи дослідження та аналізу складних технічних систем, об'єктів та процесів, що застосовуються в інженерній і дослідницькій практиці.
- вміти аналізувати інженерні задачі, процеси і системи; обирати і застосовувати придатні типові аналітичні, розрахункові та експериментальні методи; застосовувати необхідний

математичний апарат та алгоритми при дослідженні та проектуванні радіотехнічних пристроїв, систем та комплексів.

– знати базові методи цифрової обробки сигналів (у тому числі – просторово-часових) та зображень (у тому числі – теплових та радіозображень), які застосовуються в радіоелектронних системах різного призначення - РТС радіолокації і навігації, РТС ДЗ, телевізійних системах, системах керування та зв'язку; вміти здійснювати програмну реалізацію найбільш розповсюджених процедур обробки сигналів та зображень.

– вміти розробляти фізичні, математичні й імітаційні моделі радіоелектронних пристроїв та систем що проектуються та досліджуються, виконувати їх моделювання з використанням сучасних апаратно-програмних середовищ.

– вміти представляти та обговорювати наукові результати іноземною мовою (англійською або іншою, відповідно до специфіки спеціальності) в усній та письмовій формах, приймати участь у наукових дискусіях і конференціях.

– Знати і вміти використовувати загальні положення права інтелектуальної власності, її інститутів, понять та видів об'єктів і суб'єктів права інтелектуальної власності, підстав виникнення, умов і порядку використання її результатів, порядку та способів захисту порушених прав.

Пререквізити: “Вища математика”, “Фізика”, “Теорія електричних кіл”, “Сигнали та процеси”, “Цифрова обробка сигналів”, “Електродинаміка та розповсюдження радіохвиль”

Кореквізити: “Пристрої генерування та формування сигналів”, “Пристрої приймання та обробки сигналів”, “Основи теорії передачі інформації”, “Пристрої НВЧ та антени”, “Проектування вбудованих систем цифрової обробки сигналів”

3. Зміст навчальної дисципліни

Модуль 1.

Змістовний модуль 1. Методи дискретизації процесів та моделювання систем

Тема 1. Вступ до навчальної дисципліни „Математичні методи моделювання та оптимальних рішень”

Предмет та задачі курсу. Необхідність та особливості моделювання процесів та систем методами статистичної радіотехніки.

Тема 2. Методи аналізу і моделювання лінійних систем.

Метод перетворень Фур'є. Дискретне і швидке перетворення Фур'є в задачах моделювання радіотехнічних систем і процесів. Метод імпульсних характеристик. Аналогові і дискретні згортки. Швидкі згортки. Метод диференціальних і різницевих рівнянь. Моделювання систем різницевиими рівняннями.

Тема 3. Алгоритми фільтрації.

Алгоритми рекурсивної і нерекурсивної фільтрації регулярних і випадкових впливів. Метод перетворення Лапласа, Z-перетворення. Метод простору станів як метод моделювання лінійних і нестационарних систем і процесів.

Тема 4. Дискретизація регулярних і випадкових впливів. Помилки дискретизації.

Особливості дискретизації регулярних і випадкових впливів з обліком їх спектральних і кореляційних характеристик. Особливості дискретизації процесів типу аналогового "білого" шуму. Дискретний "білий" шум і зв'язок його характеристик з характеристиками аналогового "білого" шуму. Середнє значення і дисперсія суми випадкових чисел з рівномірним законом розподілу імовірності.

Модульний контроль

Змістовний модуль 2. Моделювання регулярних і випадкових процесів у радіотехнічних системах.

Тема 5. Моделювання регулярних і випадкових процесів у радіотехнічних системах.

Енергетичний спектр і кореляційна функція випадкового процесу на виході лінійної системи. Моделювання випадкових процесів із заданими кореляційними властивостями методами перетворення Фур'є. Поняття формуючого фільтра. Моделювання випадкових процесів із заданими кореляційними властивостями методом імпульсних характеристик. Вимоги, пропоновані до імпульсної характеристики формуючого фільтра. Моделювання випадкових процесів із заданими кореляційними властивостями методами цифрової фільтрації. Вимога до системної функції цифрового фільтра, його частотні характеристики. Моделювання випадкових процесів із заданими кореляційними властивостями методом простору станів. Моделювання випадкових процесів з релеєвским законом розподілу імовірностей. Моделювання випадкових процесів з розподілом X^2 .

Тема 6. Критерії оптимізації.

Критерії оптимізації Байєса. Критерій мінімуму середнього ризику. Види інтегральних функцій. Априорна, апостеріорна щільності імовірностей. Основні принципи оптимального виявлення, розрізнення, дозволу сигналу, їх лінійна і нелінійна фільтрація. Постановка задач оптимальної лінійної і нелінійної фільтрації процесів. Роль априорних зведень і форми їхнього завдання.

Тема 7. Оптимальні рішення в радіосистемах.

Перелік основних задач оптимальних рішень в радіосистемах. Задачі часової та просторово– часової обробки сигналів. Виявлення та селекція сигналів. Розрізнювання сигналів. Розділення сигналів. Роздільна здатність. Оптимальні рішення в системах дистанційного зондування. Оптимальні оцінки параметрів сигналів в радіосистемах. Оптимальна фільтрація регулярних та випадкових процесів. Комплексування вимірювачів. Конструювання функціоналів щільностей імовірностей для одновимірних та багатомірних некорельованих та корельованих випадкових процесів.

Тема 8. Фільтрація регулярних та випадкових процесів.

Оптимальні фільтри Вінера. Особливості синтезу. Передатна й імпульсна характеристика оптимального фізично не реалізованого фільтра Вінера. Основні принципи рішення інтегрального рівняння Вінера-Хопфа при перебуванні оптимальної передатної характеристики фізично реалізованого фільтра Вінера. Кореляційні і взаємо-кореляційні властивості вхідних, вихідних процесів, а також помилок фільтрації в оптимальному фільтрі Вінера. Моделювання фільтра Вінера методами перетворень Фур'є. Особливості забезпечення фізичної реалізуємості фільтра Вінера. Оптимальна лінійна фільтрація в просторі станів. Фільтр Калмана. Основні рівняння. Дискретні моделі рівнянь повідомлення. Зв'язок рівняння повідомлення з типовими характеристиками стаціонарного і нестаціонарного формуючого фільтра. Постановка задач оптимальної нелінійності фільтрації процесів. Структура оптимального нелінійного фільтра. Структура оптимального дискримінатора.

Тема 9. Висновки.

Особливості подальшого розвитку методів комп'ютерного моделювання радіотехнічних систем і процесів.

Модульний контроль

4. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин				
	усього	у тому числі			
		л	п	лаб	с.р.
1	2	3	4	5	7
Модуль 1					
Змістовий модуль 1. Методи дискретизації процесів та моделювання систем					
Тема 1. Вступ до навчальної дисципліни „Математичні методи моделювання та оптимальних рішень”	14	4			10
Тема 2. Методи аналізу і моделювання лінійних систем.	18	4	4		10
Тема 3. Алгоритми фільтрації.	18	4	4		10
Тема 4. Дискретизація регулярних і випадкових впливів. Помилки дискретизації.	22	4	4		14
Разом за змістовним модулем 1	72	16	12	-	44
Змістовний модуль 2. Моделювання регулярних і випадкових процесів у радіотехнічних системах. Оптимальна лінійна та нелінійна фільтрація регулярних та випадкових процесів.					
Тема 5. Моделювання регулярних і випадкових процесів у радіотехнічних системах.	15	6	-		9
Тема 6. Критерії оптимізації.	18	6	3		9
Тема 7. Оптимальні рішення в радіосистемах	16	4	3		9
Тема 8. Фільтрація регулярних та випадкових процесів	18	6	3		9
Тема 9. Висновки.	11	2	3		6
Разом за змістовним модулем 2	78	24	12	-	42
Усього годин	150	40	24	-	86

5. Теми семінарських занять

№ з/п	Назва теми	Кільк. годин
1		

6. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кільк. год.
1	Моделювання випадкових процесів з заданими кореляційними властивостями методами формуючого фільтра	6
2	Розрахунок спектрально-кореляційних характеристик випадкових процесів на виходах фільтрів 1 та 2 порядків	6
3	Представлення методом простору станів замкнутої системи фільтрації з інтегратором та форсуючою ланкою	6
4	Представлення методом простору станів замкнутої системи фільтрації з двома інтеграторами та форсуючою ланкою	6
	Разом	24

7. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кільк. годин
1		

8. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кільк. годин
1	Вступ до навчальної дисципліни „Математичні методи моделювання та оптимальних рішень” (Тема 1)	10
2	Методи аналізу і моделювання лінійних систем (Тема 2)	10
3	Алгоритми фільтрації (Тема 3)	10
4	Дискретизація регулярних і випадкових впливів. Помилки дискретизації (Тема 4)	14
5	Моделювання регулярних і випадкових процесів у радіотехнічних системах (Тема 5)	9
6	Критерії оптимізації (Тема 6)	9
7	Оптимальні рішення в радіосистемах (Тема 7)	9
8	Фільтрація регулярних та випадкових процесів (Тема 8)	9
9	Висновки (Тема 9)	6
	Разом	86

9. Індивідуальні завдання

Виконання розрахункової роботи «Моделювання та фільтрація регулярних та випадкових процесів» на одну з указаних нижче тем:

1. Моделювання випадкових процесів із заданими кореляційними властивостями методами перетворення Фур'є.
2. Моделювання випадкових процесів із заданими кореляційними властивостями методом імпульсних характеристик.
3. Моделювання типових електронних ланцюгів (RC-ланцюга, коливально контуру, пропорційно-інтегруючого фільтра) методом простору станів.
4. Моделювання випадкових процесів з релеєвським законом розподілу ймовірностей.
5. Фільтрація регулярних та випадкових процесів. Фільтр Калмана.

10. Методи навчання

Проведення аудиторних лекцій, практичних занять, індивідуальні консультації (при необхідності), самостійна робота студентів за матеріалами, опублікованими кафедрою (методичні посібники).

11. Методи контролю

Проведення поточного контролю, письмового модульного контролю, фінальний контроль у вигляді іспитів.

12. Критерії оцінювання та розподіл балів, які отримують здобувачі

Складові навчальної роботи	Бали за одне заняття (завдання)	Кількість занять (завдань)	Сумарна кількість балів
Змістовний модуль 1			
Робота на лекціях	0...2	8	0...16
Виконання і захист лабораторних (практичних) робіт	2...3	6	12...18
Модульний контроль	0...10	1	0...10
Змістовний модуль 2			
Робота на лекціях	0...2	8	0...16
Виконання і захист лабораторних (практичних) робіт	2...3	6	12...18
Модульний контроль	0...10	1	0...10
Виконання і захист РР	0...20	1	0...20
Усього за семестр			44...100

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

Білет для іспиту/заліку складається з 2 теоретичних запитань. Максимальна кількість балів за одне запитання – 50 балів. Усього можливо отримати 100 балів.

Критерії оцінювання роботи здобувача протягом семестру

Задовільно (60-74). Мати мінімум знань та умінь. Відпрацювати всі практичні заняття. Вміти самостійно давати характеристику існуючим радіотехнічним сигналам та шумам, моделювати випадкові процеси з заданими імовірнісними характеристиками.

Добре (75 - 89). Твердо знати мінімум знань, виконати усі завдання. Показати вміння виконувати всі практичні завдання в обумовлений викладачем строк з обґрунтуванням рішень та заходів, які запропоновано у роботах. Вміти пояснювати складні способи діагностики точності роботи ,методів та алгоритмів моделювання регулярних процесів, моделювання випадкових процесів з різними законами розподілу ймовірностей та кореляційними властивостями.

Відмінно (90 - 100). Повно знати основний та додатковий матеріал. Знати усі теми. Орієнтуватися у підручниках та посібниках. Досконально знати усі технології, які використовуються при проектуванні наземних та супутникових радіонавігаційних систем. Вміти користуватися методами теорії оптимальних рішень та оцінок.

Шкала оцінювання: бальна та традиційна

Сума балів	Оцінка за національною шкалою	
	Іспит, диференційований залік	Залік
90-100	Відмінно	Зараховано
75-89	Добре	
60-74	Задовільно	
0-59	Незадовільно	Не зараховано

13. Методичне забезпечення

1. Олейников С.Ю., Пономарев В.И. Цифровое моделирование информационных измерительных систем. Методические указания. ХАИ, 1975, 30 с.
2. Волосюк В.К., Фалькович С.Е. Фильтрация регулярных и случайных воздействий в динамических радиосистемах летательных аппаратов. Учебное пособие. ХАИ, 1991.

14. Рекомендована література

Базова

1. Поляк Ю.Г. Вероятностное моделирование на электронных вычислительных машинах. М.: Сов. радио, 1971.
2. Борисов Ю.П. Математическое моделирование радиосистем. М.: Сов. радио, 1976.
3. Быков В.В. Цифровое моделирование в статистической радиотехнике. М.: Сов. радио, 1971, 328 с.
4. Моделирование в радиолокации. А.И. Леонов, В.Н. Васенов, Ю.И. Гайдуков и др. Под руководством ред. А.И. Леонова. М.: Сов. радио, 1979, 264 с.
5. Бакалов В.П. Цифровое моделирование случайных процессов. – М.: Сайнс-пресс, 2002, 88 с.

Допоміжна

1. Шалыгин А.С., Палагин Ю.И. Прикладные методы статистического моделирования. Л.: Машиностроение, 1986, 320 с.
2. Борисов Ю.П., Цветков В.В. Математическое моделирование радиотехнических систем и устройств. М.: Радио и связь, 1985, 175 с.
3. Ермаков С.М., Михайлов Г.А. Курс статистического моделирования. М.: Радио и связь, 1976, 168 с.

15. Інформаційні ресурси

<https://library.khai.edu/>