

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Проректор з наукової роботи

В.Ф. Павліков

(підпис)

(підписи та прізвище)

«20» березня 2020 р.

Відділ аспірантури і докторантури

РОБОЧА ПРОГРАМА
ВИБІРКОВОЇ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Фільтрація регулярних і випадкових процесів у радіосистемах

Галузі знань: 17 Електроніка та телекомунікації.

Спеціальність: 172 Телекомунікації та радіоелектроніка.

Освітня наукова програма: «Телекомунікації та радіоелектроніка».

Рівень вищої освіти: третій (освітньо-науковий)

Форма навчання: денна

денна // заочна

Харків – 2020

РОБОЧА ПРОГРАМА
ВИБІРКОВОЇ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
Фільтрація регулярних і випадкових процесів у радіосистемах
(назва дисципліни)

для здобувачів за спеціальністю 172 «Телекомунікації та радіотехніка»
освітньої програми «Телекомунікації та радіотехніка»

«11» 06 2020 р., – с.

Розробник: професор каф. 501, д.т.н., проф.
(посада, науковий ступінь та вчене звання)



Волосюк В. К.
(прізвище та ініціали)

Гарант ОНП завідувач каф. 504, д.т.н., проф.
(посада, науковий ступінь та вчене звання)



Лукін В.В.
(прізвище та ініціали)

Протокол № 11 від «18» 06 2020 р. засідання кафедри №

Завідувач кафедри 501, к.т.н.
(посада, науковий ступінь та вчене звання)



Жила С.С.
(прізвище та ініціали)

ПОГОДЖЕНО:

Завідувач відділу
аспірантури і докторантури



В. Б. Селевко

Голова наукового товариства
студентів, аспірантів,
докторантів і молодих вчених



Т. П. Старовойт

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показника	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) Спеціальність <u>172 Телекомунікації та радіотехніка</u> (код і найменування) Освітня програма <u>Телекомунікації та радіотехніка</u> (найменування) Рівень вищої освіти: третій (освітньо-науковий)	Вибіркова
Кількість модулів – 1		Навчальний рік
Кількість змістових модулів – 2		
Індивідуальне науково-дослідне завдання _____ (назва)		2020/2021
Загальна кількість годин – 150 85/150		Семестр
Кількість тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 5,3125 самостійної роботи здобувача – 4,0625		4-й
		Лекції
		51 год.
		Практичні, семінарські*
		34 год.
		Лабораторні
		-
		Самостійна робота
		65 год.
		Вид контролю
		іспит

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної роботи становить:
85/ 65.

* Аудиторне навантаження може бути зменшене або збільшене на одну годину залежно від розкладу занять.

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета вивчення: 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.

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

ЗК1 – здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями,

ЗК2 – здатність освоїти методики навчання по окремим дисциплінам спеціальності,

ЗК3 – здатність генерувати нові ідеї навчального процесу (креативність),

ЗК10 – здатність здійснювати науково-педагогічну діяльність у вищій освіті, зокрема викладати спеціальні дисципліни в процесі підготовки фахівців по спеціальності,

ЗК12 – здатність розробляти та управляти проектами та працювати в міжнародному контексті,

ЗК13 – здатність до пошуку, оброблення та аналізу системи взаємозв'язку узагальнюючих статистичних показників та застосувати їх методи до розрахунку в конкретній економічній ситуації,

ФК2 – здатність аналізувати дані та оцінювати необхідні знання для розв'язання задач підвищення надійності, функціональної безпеки, живучості телекомунікаційних та радіотехнічних систем з використанням сучасних математичних методів, зокрема штучного інтелекту, комп'ютерного моделювання тощо,

ФК6 – здатність застосовувати і розвивати фундаментальні і міждисциплінарні знання, включаючи математичні і наукові принципи, теорію алгоритмів, оптимізаційні задачі, чисельні методи, засоби та нотації для успішного розв'язання проблем,

ФК7 – здатність застосовувати основні методи вищої математики та їх теоретичні основи.

У результаті вивчення навчальної дисципліни здобувач повинен

знати:

- методи математичного аналізу радіотехнічних систем та процесів в цих системах;
- методи та алгоритми моделювання типових радіотехнічних сигналів та регулярних процесів;
- методи та алгоритми моделювання випадкових сигналів з заданими кореляційними властивостями та функціями розподілу ймовірностей;

- методи моделювання випадкових процесів з заданими законами розподілу ймовірностей;
- методи оптимальної фільтрації процесів статистичних оцінок і прийняття рішень;

повинен вміти:

- правильно виконувати дискретизацію випадкових та регулярних процесів;
- моделювати на ЕОМ дискретний білий шум з різними законами розподілу ймовірностей;
- моделювати на ЕОМ різноманітні випадкові процеси з заданими кореляційними властивостями;
- моделювати процеси методом простору станів;
- користуватись методами теорії оптимальних рішень та оцінок.

мати уявлення:

- про методи моделювання радіотехнічних систем та їх окремих пристроїв;
- про методи досліджень радіотехнічних систем по їх електронним та цифровим моделям.

Програмні результати навчання:

ПРН1 – уміти проводити пошук інформації в спеціалізованій літературі, використовуючи різноманітні ресурси: журнали, бази даних, on-line ресурси,

ПРН2 – уміти застосовувати методики навчання по окремим дисциплінам спеціальності,

ПРН3 – уміти використовувати набуті знання, за допомогою аналітичного апарату і логічного мислення, уміти застосовувати їх у наукових дослідженнях,

ПРН9 – називати і давати визначення основним англійським поняттям у наукових дослідженнях,

ПРН10 – уміти розвивати творчі здібності, шукати і застосовувати нестандартні підходи до прийняття рішень у наукових дослідженнях,

ПРН11 – уміти демонструвати розуміння сучасних методів ведення науково-дослідних робіт, математичних методів, інформаційних технологій, методів експериментування, що застосовуються в дослідницькій практиці,

ПРН12 – уміти орієнтуватися в патентній інформації і документації, досліджувати і кваліфіковано формулювати ознаки новизни в системах передачі й обробки інформації, які розробляються, оформляти заявки на винаходи, вміти аналізувати технічні рішення з метою визначення їх обороноздатності і патентної чистоти,

ПРН13 – уміти 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,

ПРН14 – уміти надавати математичного змісту певній практичній задачі та застосовувати основні методи вищої математики до розв'язування задач,

ПРН15 – уміти доводити розв'язок задачі до прийняттого вигляду – числа, графіка, діаграма та користуватись математичною літературою.

Міждисциплінарні зв'язки: результати навчання можуть бути використані для засвоєння матеріалу дисциплін Сучасні методи проектування радіосистем, Системи дистанційного зондування з аерокосмічних носіїв.

3. Програма навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1. Методи дискретизації процесів та моделювання систем

ТЕМА 1. Вступ до навчальної дисципліни „Фільтрація регулярних і випадкових процесів у радіосистемах”

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 різницеvими 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.

Змістовий 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 χ^2 .

Змістовий модуль 3. Оптимальна лінійна та нелінійна фільтрація регулярних та випадкових процесів.

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.

4. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин					
	денна форма					
	усього	у тому числі				
		л	п	лаб	інд	с.р.
1	2	3	4	5	6	7
Модуль 1						
Змістовий модуль 1. Методи дискретизації процесів та моделювання систем						
ТЕМА 1. Вступ до навчальної дисципліни „Фільтрація регулярних і випадкових процесів у радіосистемах”	14	5	4	–	–	5
ТЕМА 2. Методи аналізу і моделювання лінійних систем	14	5	4	–	–	5
ТЕМА 3. Алгоритми фільтрації	14	5	4	–	–	5
ТЕМА 4. Дискретизація регулярних і випадкових впливів. Помилки дискретизації	13	5	2	–	–	6
Разом за змістовим модулем 1	55	20	14	–	–	21
Змістовий модуль 2. Моделювання регулярних і випадкових процесів у радіотехнічних системах						
ТЕМА 5. Моделювання регулярних і випадкових процесів у радіотехнічних системах	38	11	4	–	–	23
Разом за змістовим модулем 2	38	11	4	–	–	23
Змістовий модуль 3. Оптимальна лінійна та нелінійна фільтрація регулярних та випадкових процесів						
ТЕМА 6. Критерії оптимізації	14	5	4	–	–	5
ТЕМА 7. Оптимальні рішення в радіосистемах	14	5	4	–	–	5
ТЕМА 8. Фільтрація регулярних та випадкових процесів	14	5	4	–	–	5
ТЕМА 9. Висновки	14	5	4	–	–	6
Разом за змістовим модулем 3	57	20	16	–	–	21
Всього	150	51	34	–	–	65

5. Теми семінарських занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1		
	Разом	

6. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кільк. год.
1-2	Моделювання випадкових процесів з заданими кореляційними властивостями методами формулюючого фільтра	8
3-4	Розрахунок спектрально-кореляційних характеристик випадкових процесів на виходах фільтрів 1 та 2 порядків	8
4	Представлення методом простору станів замкнутої системи фільтрації з інтегратором та форсуючою ланкою	10
5	Представлення методом простору станів замкнутої системи фільтрації з двома інтеграторами та форсуючою ланкою	8
	Разом	34

7. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Не заплановані	

8. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Вступ до навчальної дисципліни „Фільтрація регулярних і випадкових процесів у радіосистемах” (Тема 1)	8
2	Методи аналізу і моделювання лінійних систем (Тема 2)	8
3	Алгоритми фільтрації (Тема 3)	8
4	Дискретизація регулярних і випадкових впливів. Помилки дискретизації (Тема 4)	8
5	Моделювання регулярних і випадкових процесів у радіотехнічних системах (Тема 5)	8
6	Критерії оптимізації (Тема 6)	8
7	Оптимальні рішення в радіосистемах (Тема 7)	8
8	Фільтрація регулярних та випадкових процесів (Тема 8)	8
9	Висновки (Тема 9)	1
	Разом	65

9. Індивідуальні завдання

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Не заплановані	—

10. Методи навчання

Проведення аудиторних лекцій, практичних занять, індивідуальні консультації (при необхідності), самостійна робота здобувачів 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

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

Складові навчальної роботи	Бали за одне заняття (завдання)	Кількість занять (завдань)	Сумарна кількість балів
Змістовний модуль 1			
Робота на лекціях	0...1	8	0...8
Виконання практичних робіт	0...1	8	0...8
Модульний контроль	0...44	1	0...34
Змістовний модуль 2			
Робота на лекціях	0...1	8	0...8
Виконання і захист лабораторних (практичних) робіт	0...1	8	0...8
Модульний контроль	0...16	1	0...34
Усього за семестр			0...100

Семестровий контроль (іспит/залік) проводиться у разі відмови здобувача від балів поточного тестування й за наявності допуску до іспиту/заліку. Під час складання семестрового іспиту/заліку здобувач 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.

12.2. Якісні критерії оцінювання

Необхідний обсяг знань для одержання позитивної оцінки:

- методи математичного аналізу радіотехнічних систем та процесів в цих системах;
- методи та алгоритми моделювання типових радіотехнічних сигналів та регулярних процесів.

Необхідний обсяг вмінь для одержання позитивної оцінки:

- правильно виконувати дискретизацію випадкових та регулярних процесів;
- моделювати на ЕОМ дискретний білий шум з різними законами розподілу ймовірностей;

12.3 Критерії оцінювання роботи здобувача протягом семестру

Задовільно (60-74). Мати мінімум знань та умінь. Відпрацювати всі практичні заняття. Вміти самостійно давати характеристику існуючим системам фільтрації сигналів радіолокаційних та радіометричних систем, встановлювати і моделювати роботу алгоритмів фільтрації детермінованих та стохастичних процесів.

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 алгоритмів фільтрації сигналів в радіоелектронних та оптичних системах дистанційного зондування з аерокосмічних носіїв, вміти складати технічне обґрунтування вибору формуючих фільтрів та кореляційних властивостей процесі методом простору станів.

Відмінно (90 - 100). Повно знати основний та додатковий матеріал. Знати усі теми. Орієнтуватися у підручниках та посібниках. Досконально знати усі технології, які використовуються при вирішенні задач лінійної і нелінійної фільтрації процесів. Вміти будувати складні проекти синтезу лінійних та нелінійних фільтрів. Безпомилково виконувати всі практичні завдання в обумовлений викладачем строк з докладним обґрунтуванням рішень та заходів, які запропоновано у роботах.

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

13. Методичне забезпечення

Електронний ресурс, на якому розміщено навчально-методичний комплекс дисципліни:

https://library.khai.edu/catalog?clear_all_params=0&mode=DocBibRecord&lang=ukr&caller_mode=BookList&themes_basket=&ttp_themes_basket=&ext=no&theme_path=%2C-337%2C3836&author_fld=&docname_fld=&docname_cond=beginwith&year_fld1=&year_fld2=&udc_fld=&isbn_fld=&lang_list=0&pubplace_fld=&publisher_fld=&bbc_fld=&issn_fld=&annotation_fld=&volume_fld=&part_fld=&responsibility_fld=&theme_cond=all_theme&litttype_list=0&theme_list=0&disciplinesearch=&discipline_list=&tpage=1&step=20&faculty_list=0&department_list=&speciality_list=0&knmz_doctype_list=0&speciality_knmz_list=&sillabus_list=&knowledgearea_list=&qualificationlevel_list=&initiator_mode=SearchDocForm&full_searchfld=&ecopy=4&combiningAND=0&isttp=1&print_basket=%2C&docid=510532489&doctype_list=0&doctoselect=0

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.
6. Горяинова Е., Панков А., Платонов Е. Прикладные методы анализа статистических данных. Изд-во ВШЭ (Гос. университет), 2012. – 312 с.
7. Аюкасов Р. Оптимальное управление стохастическими процессами с продлением. Lap Lambert Academic Publishing, 2011. – 104 с.
8. Рыбаков К.А. Статистические методы анализа и фильтрации в непрерывных стохастических системах. МАИ, 2017. – 176 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

Сайт бібліотеки університету <https://library.khai.edu/>