

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

Кафедра Аерокосмічних радіоелектронних систем (№501)



**РОБОЧА ПРОГРАМА ВИБІРКОВОЇ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

**Статистична теорія радіотехнічних систем**

( назва навчальної дисципліни)

Галузі 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”  
(найменування спеціалізації)

**Форма навчання: денна**

**Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)**

**Харків 2021 рік**

Розробник: Абрамов О.Д., доцент каф. 501, к.т.н., с.н.с.  
(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 «Статистична теорія радіотехнічних систем»

Найменування показників	Галузь знань, напрям підготовки, освітньо-кваліфікаційний рівень	Характеристика навчальної дисципліни (денна форма навчання)		
Кількість кредитів – 12	<p><b>Галузь знань</b> 17 «Електроніка та телекомунікації» (шифр і найменування)</p> <p><b>Спеціальність</b> 172 «Телекомунікації та радіотехніка» (код і найменування)</p> <p><b>Освітня програма</b> Радіоелектронні пристрої, системи та комплекси (найменування)</p> <p><b>Рівень вищої освіти:</b> перший (бакалаврський)</p>	Обов'язкова		
Кількість модулів – 2		<b>Навчальний рік</b>		
Кількість змістових модулів – 4		2021/2022	2022/2023	
<p>Індивідуальне завдання „<u>Розрахунок порогового енергетичного співвідношення сигнал-перешкода до завдань виявлення сигналів, розрахування функції не визначення складного радіоімпульсу з часу та частоти та графічно окреслити на ПЕВМ коло високої кореляції, перевірити значущість роздільної здатності проаналізованого радіосигналу до завдань виявлення літаків, які знаходяться на різних відстанях.</u>” (назва)</p>		<b>Семестр</b>		
		6-й	7-й	
		<b>Лекції*</b>		
		32 год.	32 год.	
<b>Семестр 6</b>		<b>Практичні, семінарські*</b>		
аудиторних - 5 год.		самост. роботи- 6,25 год.	32 год.	16 год.
<b>Семестр 7</b>		<b>Лабораторні*</b>		
аудиторних- 4 год.	самост. роботи – 7,25 год.	16 год.	16 год.	
		<b>Самостійна робота*</b>		
		100 год.	116 год.	
		<b>Вид контролю</b>		
		модульний контроль, залік	модульний контроль, іспит	

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної роботи становить:  
144 / 216.

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

## 2. Мета та завдання навчальної дисципліни

**Мета:** надати основні положення статистичної теорії радіотехнічних систем, дати знання по технологіям синтезу радіотехнічних систем, аналізу їх якісних показників.

### Завдання:

- вивчення закономірностей, які мають місце у передачі та прийомі інформації в шумах,
- вивчення сучасних методів аналізу та синтезу радіосистем,
- ознайомлення з методиками аналізу якості функціонування радіотехнічних систем,
- вивчення методів оптимізації структури радіотехнічних систем.

### Компетентності, які набуваються:

- здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.
- здатність планувати та управляти часом.
- знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.
- здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.
- вміння виявляти, ставити та вирішувати проблеми.
- навички здійснення безпечної діяльності.
- здатність вирішувати стандартні завдання професійної діяльності на основі інформаційної та бібліографічної культури із застосуванням інформаційно-комунікаційних технологій і з урахуванням основних вимог інформаційної безпеки.
- здатність використовувати базові методи, способи та засоби отримання, передавання, обробки та зберігання інформації.
- здатність здійснювати комп'ютерне моделювання пристроїв, систем і процесів з використанням універсальних пакетів прикладних програм.
- здатність проводити інструментальні вимірювання в інформаційно-телекомунікаційних мережах, телекомунікаційних та радіотехнічних системах.
- готовність сприяти впровадженню перспективних технологій і стандартів .
- здатність здійснювати приймання та освоєння нового обладнання відповідно до чинних нормативів.
- здатність проводити розрахунки у процесі проектування споруд і засобів інформаційно-телекомунікаційних мереж, телекомунікаційних та радіотехнічних систем, відповідно до технічного завдання з використанням як стандартних, так і самостійно створених методів, прийомів і програмних засобів автоматизації проектування.

### Очікувані результати навчання:

- знання теорій та методів фундаментальних та загальноінженерних наук в об'ємі необхідному для розв'язання спеціалізованих задач та практичних проблем у галузі професійної діяльності.
  - здатність брати участь у проектуванні нових (модернізації існуючих) телекомунікаційних систем, інфокомунікаційних, телекомунікаційних мереж, радіотехнічних систем та систем телевізійного й радіомовлення тощо.
- вміння застосовувати сучасні досягнення у галузі професійної діяльності з метою побудови перспективних телекомунікаційних систем, інфокомунікаційних, телекомунікаційних мереж, радіотехнічних систем та систем телевізійного й радіомовлення тощо.

**Пререквізити** – основи теорії цифрового зв'язку, цифрова обробка сигналів.

**Кореквізити** – інформаційно-вимірювальні радіотехнічні системи, основи телебачення та радіомовлення, радіотехнічні системи, дистанційного зондування.

## 3. Програма навчальної дисципліни

**Змістовий модуль 1.** Детерміновані та стохастичні моделі сигналів та перешкод

**Тема 1. Вступ**

Радіотехнічні системи – узагальнений об’єкт дослідження фахівця напрямку підготовки “Радіотехніка”. Відліковий напрямок – наявність радіоканалу. Системи передачі інформації, виявлення інформації, радіо керування. Предмет вивчення і задачі дисципліни. Місце дисципліни у навчальному плані.

### **Тема 2. Детерміновані та стохастичні моделі сигналів та перешкод**

Детерміновані сигнали. Класифікація повідомлень і сигналів. Безперервні повідомлення. Дискретні (цифрові) повідомлення. Часова дискретизація безперервних сигналів (теорема Котельникова).

Наслідки теореми Котельникова. Квантування повідомлень по рівню. Радіосигнали зв’язкового типу. Імпульсні та аналогові сигнали. Цифрові сигнали з КІМ. Радіосигнали вимірального типу.

Стохастичні сигнали. Загальні відомості до стохастичних процесів у радіосистемах. Опис за допомогою  $n$  - мірної щільності ймовірності стохастичного процесу.

Стационарні стохастичні процеси. Ергодичні стохастичні процеси. Застосування властивостей ергодичності до визначення характеристик процесів. Застосування формули Вінера-Хінчина.

Нормальні процеси. Марковські процеси. Перешкоди. Моделі перешкод. Щільність ймовірності нормальної перешкоди. Функція правдоподібності.

### **Змістовий модуль 2. Приймання цифрових сигналів.**

#### **Тема 3. Приймання цифрових сигналів**

Розподіл двох сигналів. Теорія статистичних рішень. Застосування її до оптимізації приймання цифрових сигналів КІМ.

Вирішення задачі оптимального розподілу двох сигналів. Розподіл двох відомих сигналів.

Алгоритми оптимального розподілу. Схемні засоби формування кореляційного інтегралу.

Засоби кореляції та оптимальної фільтрації. Ймовірність похибки при оптимальному розподілу двох сигналів.

Якість розподілу. Розподіл двох сигналів з невідомими початковими фазами. Схемні засоби формування комплексного кореляційного інтегралу. Якість розподілу сигналів з невідомою початковою фазою. Розподіл двох сигналів з невідомими початковою фазою та інтенсивністю.

Розподіл  $M$  сигналів. Особливості системи з КІМ. Поліпшення якості розподілу при використанні ортогональних сигналів.

ФМ-шумоподібні сигнали. Їх властивості, практичні схеми формування. Оптимальний розподіл сигналів.

Якість оптимального розподілу ортогональних сигналів. Використання ФМ-шумоподібних сигналів до підвищення характеристик РТС.

### **Змістовий модуль 3. Теорія виявлення та розрізнення сигналів**

#### **Тема 4. Теорія виявлення та розрізнення сигналів**

Виявлення сигналів. Математичні моделі радіолокаційних задач. Загальне вирішення задачі виявлення. Виявлення повністю відомого сигналу.

Оптимальний алгоритм виявлення. Якісні показники виявлення. Пороговий сигнал.

Виявлення сигналів з невідомими початковою фазою та інтенсивністю. Виявлення на фоні Гаусовської завади.

Розрізнення сигналів. Оптимальна обробка радіолокаційних сигналів. Зміст розрізнюючої здатності. Розрізнювальна здатність РЛС з дальності.

Вибір форми радіолокаційних сигналів. ЛЧМ- та ФМ-шумоподібні сигнали. Розрізнювальна здатність РЛС з часу та частоти. Функція невизначеності з часу та частоти.

### **Змістовий модуль 4. Оцінка параметрів сигналів**

#### **Тема 5. Оцінка параметрів сигналів**

Формулювання задачі. Статистична та детермінована моделі. Байесовський підхід. Квадратична функція втрат та середньоквадратична похибка. Оптимальний алгоритм оцінювання.

Оцінка за методом максимуму правдоподібності. Характеристика оцінок. Розрахунок граничної дисперсії (формула Крамера).

Аномальні похибки. Пошукові та слідкуючі алгоритми оцінювання параметрів сигналів.

Приклади реалізації оптимальних алгоритмів оцінювання та розрахунок їх якості.

Оцінка початкової фази гармонічного сигналу. Оцінка амплітуди сигналу при невідомій початковій фазі. Оцінка частоти сигналу. Оцінка запізнювання сигналу.

Сумісна оцінка запізнювання та частоти сигналу при невідомій початковій фазі.

#### Тема 6. Фільтрація процесів

Основи теорії вимірювання змінних у часі параметрів сигналів. Загальні відомості до задач фільтрації процесів. Формулювання задачі.

Моделі повідомлень на базі стохастичних диференціальних рівнянь. Часова дискретизація рівняння спостереження та повідомлення. Загальне вирішення задачі фільтрації у дискретному часі. Фільтр Калмана. Лінійна фільтрація у дискретному часі.

Дискретний фільтр Калмана. Лінійна фільтрація у безупинному часі. Аналоговий фільтр Калмана.

Заклучна. Огляд найважливіших напрямів розвитку сучасної статистичної теорії інформаційних систем. Загальні тенденції та напрямки у розвитку інформаційних радіотехнічних систем.

### 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
<b>Модуль 1</b>					
<b>Змістовний модуль 1. Детерміновані та стохастичні моделі сигналів та перешкод</b>					
Тема 1. Вступ до дисципліни «Статистична теорія РТС»	2	2	–	–	–
Тема 2. Детерміновані та стохастичні моделі сигналів та перешкод	56	16	–	–	45
Разом за змістовним модулем 1	<b>63</b>	<b>18</b>	–	–	<b>45</b>
<b>Змістовний модуль 2. Приймання цифрових сигналів.</b>					
Тема 1. Приймання цифрових сигналів	117	29	–	38	
Разом за змістовним модулем 2	<b>117</b>	<b>29</b>	–	<b>38</b>	-
<b>Змістовний модуль 3. Теорія виявлення та розрізнення сигналів.</b>					
Тема 1. Теорія виявлення та розрізнення сигналів	76	21	15	10	–
Разом за змістовним модулем 3	<b>76</b>	<b>21</b>	<b>15</b>	<b>10</b>	<b>0</b>
<b>Змістовний модуль 4. Оцінка параметрів сигналів.</b>					
Тема 1. Оцінка параметрів сигналів	90.5	12	15	20	30
Тема 2. Фільтрація процесів	19	4	-	-	15
Разом за змістовним модулем 4	<b>109.5</b>	<b>16</b>	<b>15</b>	<b>20</b>	<b>45</b>
<b>Усього годин</b>	<b>360</b>	<b>64</b>	<b>48</b>	<b>32</b>	<b>216</b>
<b>Модуль 2</b>					
Індивідуальне завдання		-	-	-	13,5
<b>Контрольний захід</b>					2
<b>Усього годин</b>					

### 5. Теми семінарських занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1		

### 6. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кільк. год.
1	Вирішення задач щодо імпульсних аналогових повідомлень	6
2	Вирішення задач щодо числових характеристик стохастичних сигналів	6
3	Вирішення задач щодо розпізнавання ергодичних процесів	6
4	Вирішення задач щодо апроксимація завад	6
5	Вирішення задач щодо ортогональних та корельованих сигналів	6
6	Вирішення задач щодо КІМ ЧМ та КІМ ФМ сигналів	6
7	Вирішення задач щодо імпульсних характеристик приймальних засобів сигналів, що підлягають розподілу	6
8	Вирішення задач щодо особливостей прийому сигналів КІМ АМ	6
	<b>Разом</b>	<b>48</b>

### 7. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1-4	Оптимальний розподіл повністю відомих сигналів.	8
4-8	Розподіл двох сигналів з невідомими початковими фазами.	6
8-12	Виявлення сигналів.	6
12-16	Дослідження оптимальних алгоритмів оцінки фази та амплітуди вузькополосного сигналу з відомою частотою	6
16-20	Дослідження алгоритмів максимальної достовірності до оцінки частоти монохроматичного сигналу з невідомою амплітудою та початковою фазою	6
	<b>Разом</b>	<b>32</b>

### 8. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	2	3
1	Вступ до дисципліни «Статистична теорія РТС» (Тема 1)	36
2	Детерміновані та стохастичні моделі сигналів та перешкод (Тема 2)	36
3	Приймання цифрових сигналів (Тема 3)	36
4	Теорія виявлення та розрізнення сигналів (Тема 4)	36
5	Оцінка параметрів сигналів (Тема 5)	36
6	Фільтрація процесів (Тема 6)	36
	<b>Разом</b>	<b>216</b>

### 9. Індивідуальні завдання

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Виконання розрахунково-графічної роботи на тему „Розрахунок порогового енергетичного співвідношення сигнал-перешкода до завдань виявлення сигналів, розрахування функції не визначення	13.5

складного радіоімпульсу з часу та частоті та графічно окреслити на ПЕВМ коло високої кореляції, перевірити значущість роздільної здатності проаналізованого радіосигналу до завдань виявлення літаків, які знаходяться на різних відстанях .”.
--

## 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. Розподіл балів, які отримують студенти

### 1.2.1 Розподіл балів, які отримують студенти

Складові навчальної роботи	Бали за одне заняття (завдання)	Кількість занять (завдань)	Сумарна кількість балів
<b>Модуль 1</b>			
Робота на лекціях	0...1	6	0...6
Робота на практичних заняттях	0...2	6	0...12
Виконання і захист лабораторних робіт	0...2	3	0...6
Модульний контроль	0...26	1	0...26
<b>Модуль 2</b>			
Робота на лекціях	0...1	6	0...6
Робота на практичних заняттях	0...1	6	0...6
Виконання і захист лабораторних робіт	0...2	6	0...12
Модульний контроль	0...26	1	0...26
<b>Усього за семестр</b>			<b>0...100</b>

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

Білет для іспиту складається з двох теоретичних питань. Максимум балів за кожне теоретичне питання – 50.

## Критерії оцінювання роботи здобувача протягом семестру

**Задовільно (60-74).** Мати мінімум знань та умінь. Відпрацювати всі практичні заняття. Знати загальні закономірності, які мають місце у передачі та прийомі інформації.

самостійно давати характеристику існуючим контрольно-вимірвальним приладам, класифікувати та розраховувати похибки вимірювань.

**Добре (75 - 89).** Твердо знати мінімум знань, виконати усі завдання. Показати вміння виконувати всі лабораторні завдання в обумовлений викладачем строк з обґрунтуванням рішень та заходів, які запропоновано у роботах. Вміти пояснювати сучасні методи аналізу та синтезу радіосистем. Вміти визначати якість роботи радіотехнічних систем..

**Відмінно (90 - 100).** Повно знати основний та додатковий матеріал. Знати усі теми. Орієнтуватися у підручниках та посібниках. Досконально знати усі технології, які використовуються при аналізі та синтезі радіосистем. Вміти застосовувати для вирішення



практичних задач сучасні методи аналізу та синтезу радіотехнічних систем (визначити вхідні і вихідні параметри РЕЗ, наскрізні характеристики, показники якості, оптимальних для використання у системі сигналів, режимів функціонування, проводити оцінку параметрів). Безпомилково виконувати всі лабораторні завдання в обумовлений викладачем строк з докладним обґрунтуванням рішень та заходів, які запропоновано у роботах.

### Шкала оцінювання: національна та ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою	
		для екзамену, курсовому проекту (роботи), практики	для заліку
90 - 100	A	відмінно	зараховано
83 - 89	B	добре	
75 – 82	C		
68 -74	D		
60 – 67	E	задовільно	незараховано з можливістю повторного складання
35 – 59	FX	незадовільно з можливістю повторного складання	
0 -34	F	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	незараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

### 13. Методичне забезпечення

1. Статистическая теория радиотехнических систем /А.Д.Абрамов,Р.В.Нежалский,С.Е.Фалькович.-Учеб.пособие по лаб. практикуму.-Харьков: Нац. аэрокосм. ун-т им. Н.Е.Жуковского «Харьк.авиац.ин-т», 2005. -41 с.
2. Фалькович С.Е., Олейников С.Ю., Коновалов Л.Н. Сборник примеров и задач по курсу “Основы теории радиотехнических систем”. ХАИ, 1976.-39с.
3. Основы статистической теории радиотехнических систем / С.Е.Фалькович, П.Ю.Костенко.- Учеб. Пособие. –Харьков: Нац. аэрокосм. ун-т «Харьк.авиац.ин-т»,2005.-390 с.

### 14. Рекомендована література

#### Базова

1. Фалькович С.Е., Коновалов Л.Н. Основы теории радиотехнических систем. ХАИ, 1984.
2. Основы статистической теории радиотехнических систем / С.Е. Фалькович, П.Ю. Костенко. – Учебное пособие. – Харьков: Нац. аэрокосм. ун-т «Харьк. авиац. ин-т», 2005. – 390 с.
3. Фалькович С.Е., Коновалов Л.Н. Основы теории измерительных радиотехнических систем ЛА. ХАИ, 1988.

#### Допоміжна

1. Радиотехнические системы. Под ред. Ю.М. Казаринова. М.: Высшая школа, 1990.
2. Радиотехнические системы передачи информации. Под ред.В.В. Калмыкова. М.: Радио и связь, 1990.
3. Фалькович С.Е., Коновалов Л.Н., Олейников С.Ю. Учебное пособие по курсовому проектированию. ХАИ, 1990.
4. Фалькович С.Е. Оценка параметров сигналов. М.: Сов. радио, 1970.
5. Березин Л.В., Венцель В.А. Теория и проектирование радиосистем. Учебное пособие для вузов. М.: Сов. радио, 1977.
6. Левин Б.Р. Теоретические основы статистической радиотехники. Ч.1. М.: Сов. радио, 1974.

7. Тихонов В.И., Харисов В.Н. Статистический анализ и синтез радиотехнических устройств и систем. М.: Радио и связь, 1991.
8. Теоретические основы радиолокации. Под ред. Ширмана Я.Д. Учебное пособие для вузов. М.: Сов. радио, 1970.
9. Гуткин Л.С. Теория оптимальных методов радиоприема при флуктуационных помехах. М.: Сов. радио, 1972.

### **15. Інформаційні ресурси**

- 1) Наукова бібліотека ХАІ: <http://library.khai.edu/>