

**Методические указания по  
изучению дисциплины  
«Статистическая  
радиотехника»  
для групп РССО-1,2,3-15**

## **Литература**

### **Основная литература**

1. Исаков В.Н. Статистическая теория радиотехнических систем: электронный курс лекций. Материалы сайта <http://strts-online.narod.ru>.
2. Горячкин О.В. Лекции по статистической теории систем радиотехники и связи. – М.: Радиотехника, 2007.
3. Статистическая теория радиотехнических систем: Учеб. пособие для вузов / А. И. Перов. — М.: Радиотехника, 2003. — 398 с.: ил. — Библиогр.: с. 398 (18 назв.)
4. Статистическая радиотехника / В. И. Тихонов. — М.: Радио и связь, 1982. — 624 с.
5. Статистический анализ и синтез радиотехнических устройств и систем: учебное пособие для вузов / В. И. Тихонов, В.Н. Харисов. — М.: Горячая линия-Телеком, 2004. — 608 с.: ил. — Библиогр.: с. 605
6. Теоретические основы статистической радиотехники / Б. Р. Левин. — М.: Радио и связь, 1989. — 653 с.: ил. — Библиогр.: с. 643-645 (81 назв.)

### **Дополнительная литература**

7. Теория оптимальных методов радиоприема при флуктуационных помехах / Л. С. Гуткин. — М.: Сов. радио, 1972. — 447 с. — Библиогр.: с. 440-447
8. Теоретические основы радиолокации и радионавигации: Учеб. пособие для радиотехн. спец. вузов / Ю. Г. Сосулин. — М.: Радио и связь, 1992. — 303 с.: ил. — Библиогр.: с. 300-303( 72назв.).
9. Сигналы. Теоретическая радиотехника: Справ. пособие / А. Н. Денисенко. — М.: Горячая линия - Телеком, 2005.
10. Радиотехнические цепи и сигналы: Учеб. для вузов / О. А. Стеценко. — М.: Высш. шк., 2007
11. Радиотехнические цепи и сигналы: Учебник для студентов радиотехн. спец. вузов / И. С. Гоноровский. — М.: Радио и связь, 1986.
12. Радиотехнические цепи и сигналы: учеб. для вузов / С. И. Баскаков. — М.: Высш. шк., 2000.
13. Радиотехнические цепи и сигналы: Учеб. пособие / Д. В. Васильев, М. Р. Витоль, Ю. Н. Горшенков, и др.; К. А. Самойло. — М.: Радио и связь, 1982.

## Календарный план занятий

Неделя	Лекции	Практические занятия		
		РССО-1-15	РССО-2-15	РССО-3-15
1	14.02 <a href="#">РТС. Случайные сигналы и помехи</a>			14.02 <a href="#">Моментные и корреляционные характеристики случайных процессов</a>
2		21.02 <a href="#">Моментные и корреляционные характеристики случайных процессов</a>	21.02 <a href="#">Моментные и корреляционные характеристики случайных процессов</a>	
3	28.02 <a href="#">Стационарные случайные процессы</a>			28.02 <a href="#">Функциональные преобразования случайных процессов</a>
4		07.03 <a href="#">Функциональные преобразования случайных процессов</a>	07.03 <a href="#">Функциональные преобразования случайных процессов</a>	
5	14.03 <a href="#">Преобразование случайного процесса в линейной цепи</a>			14.03 <a href="#">Корреляционная обработка сигналов</a>
6		21.03 <a href="#">Корреляционная обработка сигналов</a>	21.03 <a href="#">Корреляционная обработка сигналов</a>	
7	28.03 <a href="#">Оптимальные линейные цепи (фильтры)</a>			28.03 <a href="#">Согласованные фильтры для радиосигналов</a>
8		04.04 <a href="#">Согласованные фильтры для радиосигналов</a>	04.04 <a href="#">Согласованные фильтры для радиосигналов</a>	
9	11.04 <a href="#">Обнаружение детерминированных сигналов 1</a>			11.04 <a href="#">Обнаружение детерминированных сигналов 2</a>
10		18.04 <a href="#">Обнаружение детерминированных сигналов 2</a>	18.04 <a href="#">Обнаружение детерминированных сигналов 2</a>	
11	25.04 <a href="#">Обнаружение квазидетерминированных сигналов 1</a>			25.04 <a href="#">Обнаружение квазидетерминированных сигналов 2</a>
12		02.05*	02.05*	
13	09.05*			09.05*
14		16.05 <a href="#">Обнаружение детерминированных сигналов 2</a>	16.05 <a href="#">Обнаружение детерминированных сигналов 2</a>	
15	23.05 <a href="#">Различение сигналов</a>			23.05 <a href="#">Помехоустойчивость различителя двух детерминированных сигналов</a>
16		30.05 <a href="#">Помехоустойчивость различителя двух детерминированных сигналов</a>	30.05 <a href="#">Помехоустойчивость различителя двух детерминированных сигналов</a>	

\*Раздел 9 источника 1 не рассматривается на занятиях в связи с праздничными днями, но рекомендуется к самостоятельному изучению.

**Занятие 1**  
**Случайные сигналы и помехи,**  
**их классификация и математическое описание**

**Подготовка к занятию**

Повторить основные разделы курса «Теория вероятностей». Читать и конспектировать тему «Случайные величины»

Источник	5	12
Разделы	стр.9-16, стр. 28-32	6.1-6.2

**Содержание занятия**

1. РТС и их классификация: непрерывные, импульсные, цифровые; СПИ, извлечения информации, разрушения информации, радиоуправления.
2. Задачи, решаемые РТС: обнаружение, различение, оценивание, их взаимосвязь.
3. Причины, препятствующие передаче и извлечению информации. Понятие помехи.
4. Классификация случайных сигналов и помех.
5. Математическое описание случайных сигналов. Понятие случайного процесса, реализация и сечение случайного процесса.
6. Основные характеристики случайного процесса: ФРВ и ПРВ их основные свойства.
7. Совместные и условные ПРВ.
8. Понятие независимых случайных процессов.

**Проработка занятия**

Читать и конспектировать:

Источник	10	11	9	5	12
Разделы	6.1-6.2	4.1-4.2	Раздел 14	2.1-2.2	6.3

**Занятие 2**

**Моментные и корреляционные характеристики случайных процессов**

**Содержание лекции**

1. Математическое ожидание. Понятие математического ожидания. Основные свойства математического ожидания. Понятие центрированного случайного процесса.
2. Начальные и центральные моменты случайного процесса.
3. Дисперсия и среднеквадратическое отклонение случайного процесса. Понятие дисперсии. Понятие среднеквадратического отклонения случайного процесса. Основные свойства дисперсии.
4. Геометрический смысл математического ожидания и

среднеквадратического отклонения. Неравенство Чебышёва.

5. Корреляционные характеристики случайного процесса. 5.1. Взаимная корреляционная функция. Независимость и некоррелированность случайных процессов. Свойства ВКФ. Нормированная ВКФ. 5.2. Понятие автокорреляционной функции случайного процесса, её основные свойства. Нормированная АКФ случайного процесса. 5.3. Неравенство Коши-Буняковского. Максимум ВКФ и линейная зависимость случайных процессов.

### Проработка лекции

Читать и конспектировать:

Источник	10	11	9	5
Разделы	6.3-6.4	4.1-4.2	Раздел 14	2.4

### Занятие 3

#### Стационарные случайные процессы

1. Понятие строго стационарного случайного процесса.
2. Одномерные и двумерные ПРВ стационарного СП
3. Моментные характеристики ССП. Математическое ожидание, дисперсия.
4. Корреляционные характеристики ССП. ВКФ и АКФ стационарных процессов. Интервал корреляции стационарного случайного процесса.
5. Понятие слабо стационарного СП.
6. Математическое отступление – рассматриваем интеграл спец. вида, который нам понадобится на следующем занятии.
7. Понятие спектральной плотности случайного процесса.
8. Теорема Винера-Хинчина с доказательством.
9. Основные свойства спектральной плотности: положительность и чётная симметрия. Дисперсия как средняя мощность случайного процесса. Ширина спектра. Соотношение неопределённости.
10. Белый и квазибелый шум. Понятие и характеристики.

### Проработка лекции

Читать и конспектировать:

Источник	5	11	10	12
Разделы	2.2-2.3, 2.5	стр.110-111, 4.3-4.5	стр.147-152, 6.5	стр.157-160, глава 7

### Занятие 4

#### Функциональные преобразования случайных процессов

1. Одномерные ПРВ при функциональном преобразовании.
2. Преобразование плоских областей. Понятие якобиана.
3. Многомерные плотности вероятности при функциональных

преобразованиях.

4. Полярное преобразование. Совместная и индивидуальные ПРВ величин. Распределение Райса. Распределение Релея.

### **Проработка лекции**

Читать и конспектировать:

Источник	9	5	13	4
Разделы	15.5, 17.2-17.3	стр. 21-25	20.1-20.3	3.1-3.2

### **Занятие 5**

#### **Преобразование случайных процессов в линейных цепях**

##### **Подготовка к лекции**

Повторить из курса РТЦиС раздел «Линейные цепи и их основные характеристики», «Методы анализа линейных цепей»

##### **Содержание занятия**

1. Эффект нормализации случайного процесса при его преобразовании инерционной линейной цепью.
2. Корреляционная функция случайного процесса на выходе линейной цепи.
3. Спектр случайного процесса на выходе линейной цепи.
4. Анализ линейного инерционного преобразования случайного процесса.
5. Корреляционная функция и спектр мощности случайного процесса на выходе линейной цепи при воздействии белого шума.

### **Проработка лекции**

Читать и конспектировать:

Источник	11	13	5	12
Разделы	Глава 7	Глава 19	4.1-4.2, 4.8	Глава 10

### **Занятие 6**

#### **Корреляционная обработка сигналов**

##### **Подготовка к занятию**

Повторить из курса РТЦиС разделы «Корреляционный анализ сигналов», «Радиосигналы, их описание, комплексная огибающая. Энергия радиосигнала. Спектр радиосигнала. Интеграл от радиосигнала. Корреляционный анализ радиосигналов».

##### **Содержание занятия**

1. Воздействие на коррелятор смеси сигнала и шума.
2. Коэффициент корреляции радиосигналов. Схема коррелятора огибающих.
3. Воздействие на коррелятор огибающих смеси сигнала и шума.

## **Самостоятельная работа**

Читать и конспектировать источник 1, раздел 5.1-5.8

### **Занятие 7**

#### **Оптимальные линейные цепи (фильтры)**

##### **Подготовка к занятию**

Повторить из курса РТЦиС раздел «Линейные радиотехнические цепи, их основные характеристики и методы анализа». Повторить занятие 5.

##### **Содержание занятия**

1. Понятие оптимального фильтра.
2. Согласованный фильтр: его характеристики, сигнал на выходе.
3. Согласованный фильтр для прямоугольного импульса.
4. Квазиоптимальные фильтры: понятие квазиоптимального фильтра, методика проектирования квазиоптимального фильтра.
5. Квазиоптимальный фильтр для прямоугольного импульса на основе ФНЧ 1-го порядка.

## **Самостоятельная работа**

Читать и конспектировать источник 1, разделы 4, 6 (кроме 6.4)

### **Занятие 8**

#### **Согласованные фильтры для радиосигналов**

##### **Подготовка к занятию**

Повторить из курса РТЦиС раздел «Линейные узкополосные цепи». Повторить занятия 5,7.

##### **Содержание занятия**

1. Некоторые узкополосные цепи и их низкочастотные эквиваленты.
2. Характеристики согласованных фильтров для радиосигналов.
3. Согласованный фильтр для прямоугольного радиоимпульса.
4. Огибающая сигнала на выходе согласованного фильтра.

## **Самостоятельная работа**

Читать и конспектировать источник 1, раздел 6.4

### **Занятие 9**

#### **Обнаружение детерминированных сигналов 1**

1. Постановка задачи обнаружения сигнала.
2. Критерий Байеса.
3. Отношение правдоподобия. Правило принятия решения.

### **Самостоятельная работа**

Читать и конспектировать источник 1, раздел 7.1-7.3

### **Занятие 10**

#### **Обнаружение детерминированных сигналов 2**

##### **Подготовка к занятию**

Повторить практическое занятие 3.

##### **Содержание занятия**

5. Структура оптимального обнаружителя.
6. Помехоустойчивость оптимального обнаружителя.

### **Самостоятельная работа**

Читать и конспектировать источник 1, раздел 7.4

### **Занятие 11**

#### **Обнаружение квазидетерминированных сигналов: обнаружение сигнала со случайной начальной фазой**

##### **Подготовка к занятию**

Повторить практическое занятие 3.

##### **Содержание занятия**

1. Структура обнаружителя.
2. Помехоустойчивость обнаружителя сигнала со случайной начальной фазой.

### **Самостоятельная работа**

1. Читать и конспектировать источник 1, раздел 7.6.1
2. Построить кривые обнаружения сигнала со случайной начальной фазой.  
 $0 \leq q \leq 10$ ;  $P_F = 0,5; 0,1; 0,01; 0,001$ .

### **Занятие 12**

#### **Обнаружение квазидетерминированных сигналов: обнаружение сигнала со случайной начальной фазой и амплитудой**

##### **Подготовка к занятию**

Повторить практические занятия 3, 4.

##### **Содержание занятия**

1. Структура обнаружителя.
2. Помехоустойчивость обнаружителя сигнала со случайной начальной

фазой.

### **Самостоятельная работа**

1. Читать и конспектировать источник 1, раздел 7.6.2
2. Построить кривые обнаружения сигнала со случайной начальной фазой и амплитудой.  $0 \leq q \leq 10$ ;  $P_F = 0,5; 0,1; 0,01; 0,001$ .

### **Занятие 13**

#### **Различение сигналов**

#### **Подготовка к занятию**

Повторить практические занятия 3, 4, лекцию 5.

#### **Содержание занятия**

1. Постановка задачи различения сигналов.
2. Критерий максимальной апостериорной вероятности.
3. Правило принятия решения.
4. Структура оптимального различителя детерминированных сигналов.
5. Структура оптимального различителя для сигналов со случайной начальной фазой.
6. Структура оптимального различителя для сигналов со случайной начальной фазой и амплитудой.

### **Самостоятельная работа**

Читать и конспектировать источник 1, раздел 8

### **Занятие 14**

#### **Помехоустойчивость различителя двух детерминированных сигналов**

#### **Подготовка к занятию**

Повторить практическое занятие 5.

#### **Содержание занятия**

Анализ помехоустойчивости различителя двух детерминированных сигналов.

### **Самостоятельная работа**

Читать и конспектировать источник 1, раздел 8

### **Занятие 15**

#### **Оценивание параметров сигналов**

#### **Содержание занятия**

1. Постановка задачи оценивания параметра сигнала.
2. Критерий оптимальности решения задачи оценивания параметра сигнала.

3. Потенциальная точность оценивания параметра сигнала. Неравенство Крамера-Рао.
4. Оценка максимального правдоподобия.

### **Самостоятельная работа**

Читать и конспектировать источник 1, раздел 9

## **Занятие 16**

### **Оценивание параметров детерминированных сигналов**

#### **Подготовка к занятию**

Повторить практическое занятие 6.

#### **Содержание занятия**

1. Оценивание амплитуды детерминированного сигнала.
2. Оценивание неэнергетического параметра детерминированного сигнала.
3. Моментный способ определения ширины спектра и длительности сигнала.
4. Вторая производная квадрата модуля комплексной функции.

### **Самостоятельная работа**

Читать и конспектировать источник 1, раздел 9