**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования**

«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»
(ТУСУР)

УТВЕРЖДАЮ
Директор департамента образования
_____ П. Е. Троян
«___» _____ 20__ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

# Статистическая теория инфокоммуникационных систем

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**
Направление подготовки / специальность: **11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи**
Направленность (профиль) / специализация: **Защищенные системы и сети связи**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **РТФ, Радиотехнический факультет**
Кафедра: **РСС, Кафедра радиоэлектроники и систем связи**
Курс: **3**
Семестр: **5**
Учебный план набора 2015 года

Распределение рабочего времени

| № | Виды учебной деятельности | 5 семестр | Всего | Единицы |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Лекции | 24 | 24 | часов |
| 2 | Практические занятия | 18 | 18 | часов |
| 3 | Лабораторные работы | 18 | 18 | часов |
| 4 | Всего аудиторных занятий | 60 | 60 | часов |
| 5 | Самостоятельная работа | 48 | 48 | часов |
| 6 | Всего (без экзамена) | 108 | 108 | часов |
| 7 | Общая трудоемкость | 108 | 108 | часов |
| | | 3.0 | 3.0 | З.Е. |

Зачет: 5 семестр

Томск 2018

Согласована на портале № 36683

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
протокол № 11 от «26» 6 2018 г.

# ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рабочая программа дисциплины составлена с учетом требований федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки (специальности) 11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи, утвержденного 06.03.2015 года, рассмотрена и одобрена на заседании кафедры РТС «___» _____ 20__ года, протокол №_____.

Разработчик:

| | | |
|---|---|---|
| доцент кафедры РТС каф. РТС | _____ | А. С. Бернгардт |
| Заведующий обеспечивающей каф. РТС | _____ | С. В. Мелихов |

Рабочая программа дисциплины согласована с факультетом и выпускающей кафедрой:

| | | |
|---|---|---|
| Декан РТФ | _____ | К. Ю. Попова |
| Заведующий выпускающей каф. РСС | _____ | А. В. Фатеев |

Эксперты:

| | | |
|---|---|---|
| Доцент кафедры радиотехнических систем (РТС) | _____ | В. А. Громов |
| Старший преподаватель кафедры радиоэлектроники и систем связи (РСС) | _____ | Ю. В. Зеленецкая |

Согласована на портале № 36683

## 1. Цели и задачи дисциплины

### 1.1. Цели дисциплины

Изучение рассматриваемой дисциплины направлено на формирование у студентов следующих профессиональных компетенций:

готовность к изучению научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по тематике проекта (ПК-7);

готовность изучать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования (ПК-16).

### 1.2. Задачи дисциплины

– Основной задачей дисциплины является формирование у студентов компетенций, позволяющих на математическом и физическом уровне понимать сущность оптимальных преобразований сигналов в инфокоммуникационых системах в условиях наличия мешающих факторов в виде собственного шума приемно-усилительных устройств и внешних помех и производить оценки вероятностных характеристик, определяющих качество их функционирования.

– Важной задачей курса является формирование базовых знаний, умений и навыков в части применения метода статистического моделирования на ЭВМ для расчета оценок вероятностных характеристик инфокоммуникационных систем, определяющих качество их функционирования.

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Статистическая теория инфокоммуникационных систем» (Б1.В.ДВ.6.1) относится к блоку 1 (вариативная часть).

Предшествующими дисциплинами, формирующими начальные знания, являются: Математические методы описания сигналов, Математический анализ, Теория вероятностей и математическая статистика, Теория электрических цепей.

Последующими дисциплинами являются: Информационные технологии, Моделирование систем беспроводной связи, Общая теория связи, Сети и системы цифровой радиосвязи и радиодоступа.

## 3. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

– ПК-7 готовностью к изучению научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по тематике проекта;

– ПК-16 готовностью изучать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования;

В результате изучения дисциплины обучающийся должен:

– **знать** методы статистического описания случайных сигналов принципы и основы статистической теории обнаружения, различения и оценки неизвестных параметров сигналов при наличии помех; физический и содержательный смысл и взаимосвязь параметров сигнала, которые определяют потенциальные характеристики систем обнаружения (различения) при наличии собственного шума приемных устройств; типовые структуры оптимальных систем обработки сигналов в инфокоммуникационных системах при их обнаружении (различении) на фоне шума приемных устройств;

– **уметь** аргументировано изложить постановку задачи статистического синтеза оптимального обнаружителя – различителя параметра полезного сигнала на фоне помехи; выполнять типовые расчеты вероятностных характеристик оптимального обнаружителя – различителя в инфокоммуникационных системах;

– **владеть** специальной терминологией; способами статистического описания свойств сигналов и помех; общей методологией статистического анализа устройств обработки сигналов и синтеза оптимальных систем обработки сигналов в инфокоммуникационных системах.

## 4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3.0 зачетных единицы и представлена в табли-

Согласована на портале № 36683

це 4.1.

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины

| Виды учебной деятельности | Всего часов | Семестры |
|---|---|---|
| | | 5 семестр |
| Аудиторные занятия (всего) | 60 | 60 |
| Лекции | 24 | 24 |
| Практические занятия | 18 | 18 |
| Лабораторные работы | 18 | 18 |
| Самостоятельная работа (всего) | 48 | 48 |
| Подготовка к контрольным работам | 6 | 6 |
| Выполнение домашних заданий | 5 | 5 |
| Оформление отчетов по лабораторным работам | 23 | 23 |
| Проработка лекционного материала | 10 | 10 |
| Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 4 | 4 |
| Всего (без экзамена) | 108 | 108 |
| Общая трудоемкость, ч | 108 | 108 |
| Зачетные Единицы | 3.0 | 3.0 |

## 5. Содержание дисциплины

### 5.1. Разделы дисциплины и виды занятий

Разделы дисциплины и виды занятий приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Разделы дисциплины и виды занятий

| Названия разделов дисциплины | Лек., ч | Прак. зан., ч | Лаб. раб., ч | Сам. раб., ч | Всего часов (без экзамена) | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 5 семестр | | | | | | |
| 1 Введение | 1 | 0 | 0 | 1 | 2 | ПК-16, ПК-7 |
| 2 Сведения из теории вероятностей | 2 | 2 | 0 | 3 | 7 | ПК-16, ПК-7 |
| 3 Математическое описание случайных сигналов и помех | 4 | 2 | 4 | 8 | 18 | ПК-16, ПК-7 |
| 4 Спектральный анализ сигналов | 3 | 3 | 0 | 4 | 10 | ПК-16, ПК-7 |
| 5 Гауссовские случайные процессы | 3 | 3 | 4 | 7 | 17 | ПК-16, ПК-7 |
| 6 Отклик линейных систем на воздействие случайных сигналов | 3 | 3 | 0 | 4 | 10 | ПК-16, ПК-7 |
| 7 Оптимальные линейные системы | 4 | 2 | 4 | 10 | 20 | ПК-16, ПК-7 |
| 8 Основы статистической теории обнаружения и различения сигналов при наличии помех | 3 | 3 | 6 | 9 | 21 | ПК-16, ПК-7 |
| 9 Заключение | 1 | 0 | 0 | 2 | 3 | ПК-16, ПК-7 |
| Итого за семестр | 24 | 18 | 18 | 48 | 108 | |
| Итого | 24 | 18 | 18 | 48 | 108 | |

Согласована на портале № 36683

**5.2. Содержание разделов дисциплины (по лекциям)**

Содержание разделов дисциплин (по лекциям) приведено в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Содержание разделов дисциплин (по лекциям)

| Названия разделов | Содержание разделов дисциплины (по лекциям) | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|
| 5 семестр | | | |
| 1 Введение | Информация и сигналы. Основные понятия и определения. | 1 | ПК-16, ПК-7 |
| | Итого | 1 | |
| 2 Сведения из теории вероятностей | Основные понятия и определения теории вероятностей; теоремы сложения и умножения; надёжность системы. Описание случайных величин; дискретные и непрерывные случайные величины; плотность вероятности; функция распределения. Числовые характеристики случайных величин; математическое ожидание, СКО и дисперсия, корреляционная функция, начальный и центральный моменты. Гауссовские случайные величины. | 2 | ПК-16, ПК-7 |
| | Итого | 2 | |
| 3 Математическое описание случайных сигналов и помех | Понятие случайного процесса. Вероятностное описание случайных процессов. Моментные функции случайного процесса. Стационарные случайные процессы. Эргодические случайные процессы. Временные средние. Описание совокупности двух случайных процессов. Свойства кореляционной и взаимно корреляционной функций. Белый шум. | 4 | ПК-16, ПК-7 |
| | Итого | 4 | |
| 4 Спектральный анализ сигналов | Спектральная плотность мощности. Свойства спектральной плотности мощности. Взаимная спектральная плотность мощности. Определение моментных функций и спектральной плотности мощности по экспериментальным данным. | 3 | ПК-16, ПК-7 |
| | Итого | 3 | |
| 5 Гауссовские случайные процессы | Понятие гауссовского случайного процесса и его свойства. Узкополосные гауссовские случайные процессы. | 3 | ПК-16, ПК-7 |
| | Итого | 3 | |
| 6 Отклик линейных систем на воздействие случайных сигналов | Постановка задачи анализа линейных систем. Анализ линейной системы в переходном режиме при стационарном воздействии. Имитация случайного процесса с заданной спектральной плотностью. Формирующий фильтр. Анализ линейной системы в стационарном (установившемся режиме). Чисто белый шум и системы с ограниченной полосой пропускания. Эквивалентная шумовая полоса. | 3 | ПК-16, ПК-7 |

Согласована на портале № 36683

| | | | |
|---|---|---|---|
| | Взаимная корреляционная функция входного воздействия и отклика линейной системы. | | |
| | Итого | 3 | |
| 7 Оптимальные линейные системы | Понятие оптимальной системы. Критерий оптимальности. Оптимизация систем путем подбора их параметров. Оптимальные системы, максимизирующие отношение сигнал/шум. Оптимальные системы, минимизирующие средний квадрат ошибки. | 4 | ПК-16, ПК-7 |
| | Итого | 4 | |
| 8 Основы статистической теории обнаружения и различения сигналов при наличии помех | Согласованный линейный фильтр. Примеры построения согласованных линейных фильтров. Обнаружение и различение сигналов при наличии помех (байесовский метод).Элементы теории оценки неизвестных параметров сигнала. | 3 | ПК-16, ПК-7 |
| | Итого | 3 | |
| 9 Заключение | Перспективы развития систем передачи информации. | 1 | ПК-16, ПК-7 |
| | Итого | 1 | |
| Итого за семестр | | 24 | |

**5.3. Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечивающими (предыдущими) и обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами**

Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечивающими (предыдущими) и обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами представлены в таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Разделы дисциплины и междисциплинарные связи

| Наименование дисциплин | № разделов данной дисциплины, для которых необходимо изучение обеспечивающих и обеспечиваемых дисциплин | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| Предшествующие дисциплины | | | | | | | | | |
| 1 Математические методы описания сигналов | | | + | + | | + | + | | + |
| 2 Математический анализ | + | | + | + | + | + | + | + | |
| 3 Теория вероятностей и математическая статистика | | + | + | | + | | | | |
| 4 Теория электрических цепей | | | | + | | + | + | | |
| Последующие дисциплины | | | | | | | | | |
| 1 Информационные технологии | | | | | + | + | + | | |
| 2 Моделирование систем беспроводной связи | | | + | + | | + | + | | |
| 3 Общая теория связи | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| 4 Сети и системы цифровой радиосвязи и радиодоступа | | + | + | + | | + | + | + | |

Согласована на портале № 36683

### 5.4. Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий представлено в таблице 5.4.

Таблица 5.4 – Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

| Компетенции | Виды занятий | | | | Формы контроля |
|---|---|---|---|---|---|
| | Лек. | Прак. зан. | Лаб. раб. | Сам. раб. | |
| ПК-7 | + | + | + | + | Контрольная работа, Домашнее задание, Защита отчета, Собеседование, Отчет по лабораторной работе, Опрос на занятиях, Зачет, Расчетная работа, Тест |
| ПК-16 | + | + | + | + | Контрольная работа, Домашнее задание, Защита отчета, Собеседование, Отчет по лабораторной работе, Опрос на занятиях, Зачет, Расчетная работа, Тест |

## 6. Интерактивные методы и формы организации обучения

Не предусмотрено РУП.

## 7. Лабораторные работы

Наименование лабораторных работ приведено в таблице 7.1.

Таблица 7.1 – Наименование лабораторных работ

| Названия разделов | Наименование лабораторных работ | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|
| 5 семестр | | | |
| 3 Математическое описание случайных сигналов и помех | Статистическое описание случайных сигналов | 4 | ПК-16, ПК-7 |
| | Итого | 4 | |
| 5 Гауссовские случайные процессы | Статистические свойства смеси регулярного сигнала и узкополосного стационарного гауссовского шума | 4 | ПК-16, ПК-7 |
| | Итого | 4 | |
| 7 Оптимальные линейные системы | Оптимальное обнаружение полезного сигнала на фоне шума | 4 | ПК-16, ПК-7 |
| | Итого | 4 | |
| 8 Основы статистической теории обнаружения и | Изучение методов оценки неизвестных параметров полезных сигналов при наличии помех | 6 | ПК-16, ПК-7 |
| | Итого | 6 | |

Согласована на портале № 36683

| | | | |
|---|---|---|---|
| различения сигналов при наличии помех | | | |
| Итого за семестр | | 18 | |

## 8. Практические занятия (семинары)

Наименование практических занятий (семинаров) приведено в таблице 8.1.

Таблица 8.1 – Наименование практических занятий (семинаров)

| Названия разделов | Наименование практических занятий (семинаров) | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|
| 5 семестр | | | |
| 2 Сведения из теории вероятностей | Описание случайных величин. Вероятность случайного события. Формула полной вероятности. Числовые характеристики случайных величин. | 2 | ПК-16, ПК-7 |
| | Итого | 2 | |
| 3 Математическое описание случайных сигналов и помех | Статистическое описание случайных сигналов. Числовые характеристики случайных сигналов. | 2 | ПК-16, ПК-7 |
| | Итого | 2 | |
| 4 Спектральный анализ сигналов | Спектральная плотность мощности. Формула Винера-Хинчина | 3 | ПК-16, ПК-7 |
| | Итого | 3 | |
| 5 Гауссовские случайные процессы | Свойства гауссовских случайных процессов | 3 | ПК-16, ПК-7 |
| | Итого | 3 | |
| 6 Отклик линейных систем на воздействие случайных сигналов | Отклик линейных систем на воздействие случайных сигналов | 3 | ПК-16, ПК-7 |
| | Итого | 3 | |
| 7 Оптимальные линейные системы | Согласованный фильтр. | 2 | ПК-16, ПК-7 |
| | Итого | 2 | |
| 8 Основы статистической теории обнаружения и различения сигналов при наличии помех | Оптимальное обнаружение сигнала на фоне шума | 3 | ПК-16, ПК-7 |
| | Итого | 3 | |
| Итого за семестр | | 18 | |

## 9. Самостоятельная работа

Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции представлены в таблице 9.1.

Таблица 9.1 – Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции

| Названия разделов | Виды самостоятельной работы | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции | Формы контроля |
|---|---|---|---|---|

Согласована на портале № 36683

| 5 семестр | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 1 Введение | Проработка лекционного материала | 1 | ПК-16, ПК-7 | Опрос на занятиях |
| | Итого | 1 | | |
| 2 Сведения из теории вероятностей | Проработка лекционного материала | 1 | ПК-16, ПК-7 | Домашнее задание, Зачет, Контрольная работа, Опрос на занятиях, Собеседование, Тест |
| | Выполнение домашних заданий | 2 | | |
| | Итого | 3 | | |
| 3 Математическое описание случайных сигналов и помех | Проработка лекционного материала | 1 | ПК-16, ПК-7 | Домашнее задание, Зачет, Контрольная работа, Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе, Тест |
| | Оформление отчетов по лабораторным работам | 4 | | |
| | Подготовка к контрольным работам | 3 | | |
| | Итого | 8 | | |
| 4 Спектральный анализ сигналов | Проработка лекционного материала | 1 | ПК-16, ПК-7 | Домашнее задание, Зачет, Контрольная работа, Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе, Тест |
| | Подготовка к контрольным работам | 3 | | |
| | Итого | 4 | | |
| 5 Гауссовские случайные процессы | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 2 | ПК-16, ПК-7 | Домашнее задание, Зачет, Контрольная работа, Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе, Тест |
| | Проработка лекционного материала | 1 | | |
| | Оформление отчетов по лабораторным работам | 4 | | |
| | Итого | 7 | | |
| 6 Отклик линейных систем на воздействие случайных сигналов | Проработка лекционного материала | 1 | ПК-16, ПК-7 | Домашнее задание, Зачет, Защита отчета, Контрольная работа, Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе |
| | Оформление отчетов по лабораторным работам | 3 | | |
| | Итого | 4 | | |
| 7 Оптимальные линейные системы | Проработка лекционного материала | 1 | ПК-16, ПК-7 | Домашнее задание, Зачет, Защита отчета, Контрольная работа, Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе |
| | Оформление отчетов по лабораторным работам | 6 | | |
| | Выполнение домашних заданий | 3 | | |
| | Итого | 10 | | |
| 8 Основы статистической теории обнаружения и | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 2 | ПК-16, ПК-7 | Домашнее задание, Зачет, Защита отчета, Контрольная работа, |

Согласована на портале № 36683

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| различения сигналов при наличии помех | Проработка лекционного материала | 1 | | Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе, Расчетная работа, Тест |
| | Оформление отчетов по лабораторным работам | 6 | | |
| | Итого | 9 | | |
| 9 Заключение | Проработка лекционного материала | 2 | ПК-16, ПК-7 | Зачет, Опрос на занятиях |
| | Итого | 2 | | |
| Итого за семестр | | 48 | | |
| Итого | | 48 | | |

## 10. Курсовой проект / курсовая работа

Не предусмотрено РУП.

## 11. Рейтинговая система для оценки успеваемости обучающихся

### 11.1. Балльные оценки для элементов контроля

Таблица 11.1 – Балльные оценки для элементов контроля

| Элементы учебной деятельности | Максимальный балл на 1-ую КТ с начала семестра | Максимальный балл за период между 1КТ и 2КТ | Максимальный балл за период между 2КТ и на конец семестра | Всего за семестр |
|---|---|---|---|---|
| 5 семестр | | | | |
| Домашнее задание | 5 | 5 | 5 | 15 |
| Защита отчета | | 5 | 5 | 10 |
| Контрольная работа | | 10 | 10 | 20 |
| Опрос на занятиях | 5 | 5 | 5 | 15 |
| Отчет по лабораторной работе | | 5 | 5 | 10 |
| Тест | 10 | 10 | 10 | 30 |
| Итого максимум за период | 20 | 40 | 40 | 100 |
| Нарастающим итогом | 20 | 60 | 100 | 100 |

### 11.2. Пересчет баллов в оценки за контрольные точки

Пересчет баллов в оценки за контрольные точки представлен в таблице 11.2.

Таблица 11.2 – Пересчет баллов в оценки за контрольные точки

| Баллы на дату контрольной точки | Оценка |
|---|---|
| ≥ 90% от максимальной суммы баллов на дату КТ | 5 |
| От 70% до 89% от максимальной суммы баллов на дату КТ | 4 |
| От 60% до 69% от максимальной суммы баллов на дату КТ | 3 |
| < 60% от максимальной суммы баллов на дату КТ | 2 |

### 11.3. Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку представлен в таблице 11.3.

Таблица 11.3 – Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

| Оценка (ГОС) | Итоговая сумма баллов, | Оценка (ECTS) |
|---|---|---|

Согласована на портале № 36683

| | | |
|---|---|---|
| | учитывает успешно сданный экзамен | |
| 5 (отлично) (зачтено) | 90 - 100 | A (отлично) |
| 4 (хорошо) (зачтено) | 85 - 89 | B (очень хорошо) |
| | 75 - 84 | C (хорошо) |
| | 70 - 74 | D (удовлетворительно) |
| 3 (удовлетворительно) (зачтено) | 65 - 69 | |
| | 60 - 64 | E (посредственно) |
| 2 (неудовлетворительно) (не зачтено) | Ниже 60 баллов | F (неудовлетворительно) |

## 12. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 12.1. Основная литература

1. ТЕОРИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СВЯЗИ: Учебное пособие / Акулиничев Ю. П., Бернгардт А. С. - 2015. 196 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/5858 (дата обращения: 03.07.2018).

### 12.2. Дополнительная литература

1. Чумаков А.С. Основы статистической радиотехники: Учебное пособие.- Томск: Томский. государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2003. -394 с.:ил. (наличие в библиотеке ТУСУР - 59 экз.)
2. Учебное пособие «Сборник задач по теории вероятностей и математической статистике:»: обучающихся по направлениям 210400 (11.03.01) «Радиотехника», 210700 (11.03.02) «Телекоммуникации» и 210601 (11.05.01) «Радиоэлектронные системы и комплексы» / Бернгардт А. С., Чумаков А. С., Громов В. А. - 2014. 160 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/4940 (дата обращения: 03.07.2018).
3. Баскаков С.И. Радиотехнические цепи и сигналы: Учебник для вузов. – М.: Высшая школа, 2005. – 462[2] с. – 302 экз. (наличие в библиотеке ТУСУР - 302 экз.)
4. Горяинов В.Т. Статистическая радиотехника. Примеры и задачи: Учебное пособие для вузов / В. Т. Горяинов, А. Г. Журавлев, В. И. Тихонов; ред. В. И. Тихонов. – М.: Советское радио, 1980. - 542[2] с. – 33 экз. (наличие в библиотеке ТУСУР - 33 экз.)

### 12.3. Учебно-методические пособия

#### 12.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Статистическая радиотехника и радиофизика: Учебно - методическое пособие для проведения лабораторных работ и самостоятельной работы студентов / Чумаков А. С. - 2012. 30 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/1746 (дата обращения: 03.07.2018).
2. Теория электрической связи: Учебно - методическое пособие для проведения практических занятий и самостоятельной работы студентов / Акулиничев Ю. П. - 2012. 202 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/1758 (дата обращения: 03.07.2018).
3. Теория и техника передачи информации : Методические указания по проведению лабораторных работ и организации самостоятельной работы студентов / Новиков А. В., Бернгардт А. С. - 2015. 48 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/4978 (дата обращения: 03.07.2018).
4. Анализ типового радиотехнического звена: Учебно-методическое пособие по выполнению курсовой работы (расчетного задания, самостоятельной работы) по дисциплине «Статистическая радиотехника и радиофизика» / Бернгардт А. С. - 2012. 36 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/1748 (дата обращения: 03.07.2018).

#### 12.3.2. Учебно-методические пособия для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Учебно-методические материалы для самостоятельной и аудиторной работы обучающихся

Согласована на портале № 36683

из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

**Для лиц с нарушениями зрения:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме увеличенным шрифтом.

**Для лиц с нарушениями слуха:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

**Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

### 12.4. Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. При изучении дисциплины рекомендуется использовать базы данных, информационно справочные и поисковые системы, к которым у ТУСУРа есть доступ https://lib.tusur.ru/ru/resursy/bazy-dannyh

## 13. Материально-техническое обеспечение дисциплины и требуемое программное обеспечение

### 13.1. Общие требования к материально-техническому и программному обеспечению дисциплины

#### 13.1.1. Материально-техническое и программное обеспечение для лекционных занятий

Для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используется учебная аудитория с количеством посадочных мест не менее 22-24, оборудованная доской и стандартной учебной мебелью. Имеются демонстрационное оборудование и учебно-наглядные пособия, обеспечивающие тематические иллюстрации по лекционным разделам дисциплины.

#### 13.1.2. Материально-техническое и программное обеспечение для практических занятий

Лаборатория защищенных систем связи

учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа

634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 432 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Приборы измерительные (17 шт.);
- Макеты лабораторные: "Исследование спектров импульсных модулированных сигналов", "Исследование преобразования непрерывных величин в цифровой двоичный код", "Исследование многоканальной системы передачи информации с временным разделением каналов", "Исследование системы связи с дельта-модуляцией", "Исследование биортогонального кода", "Исследование сверточного кода", "Код с проверкой на четность и циклический код";
- Компьютер WS3;
- Компьютер Celeron (4 шт.);
- Телевизор плазменный Pioneer с диагональю экрана 51;
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:

- AVAST Free Antivirus
- Adobe Acrobat Reader
- Far Manager
- Microsoft Windows 7 Pro
- OpenOffice
- PTC Mathcad13, 14
- Scilab

Согласована на портале № 36683

**13.1.3. Материально-техническое и программное обеспечение для лабораторных работ**

Лаборатория группового проектного обучения / Лаборатория радиоэлектронных средств защиты телекоммуникационных систем

учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа

634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 406 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Сканер Canon CanoScan LidelOO USB;
- Генератор Г4-218 ВЧ сигналов;
- Генератор ГЗ-109;
- Генератор Г4-144;
- Генератор Г5-63 (№24029);
- Генератор Г5-63 (№26448);
- Рабочие станции на базе процессора Pentium-4 (12 шт.);
- Линейный источник питания HY3003;
- Линейный источник питания HY3003;
- Паяльная станция Quick 936 ESD;
- Цифровой анализатор спектра GSP-810;
- Цифровой генератор сигналов ГСС-80;
- Цифровой осциллограф EZ Digital DS 1150;
- Рабочее место регулировщика С4-1200Р;
- Рабочее место регулировщика С4-1200Р;
- Измеритель ИККПО «Обзор-304/1»;
- Многофункциональный измерительно-вычислительный комплекс National Instruments;
- Анализатор спектра N9000F-CFG005;
- Отладочный модуль Instant SDR Kit;
- Осциллограф MSOX3054A;
- Принтер лазерный HP LaserJet P2035;
- Рабочие станции на базе процессора Pentium - i5 (12 шт.);
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:

– AVAST Free Antivirus
– Adobe Acrobat Reader
– Microsoft Windows 7 Pro
– PTC Mathcad13, 14
– Scilab

**13.1.4. Материально-техническое и программное обеспечение для самостоятельной работы**

Для самостоятельной работы используются учебные аудитории (компьютерные классы), расположенные по адресам:

- 634050, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 40, 233 ауд.;
- 634045, Томская область, г. Томск, ул. Красноармейская, д. 146, 201 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 126 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 207 ауд.

Состав оборудования:

- учебная мебель;
- компьютеры класса не ниже ПЭВМ INTEL Celeron D336 2.8ГГц. - 5 шт.;
- компьютеры подключены к сети «Интернет» и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду университета.

Согласована на портале № 36683

Перечень программного обеспечения:
- Microsoft Windows;
- OpenOffice;
- Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows;
- 7-Zip;
- Google Chrome.

### 13.2. Материально-техническое обеспечение дисциплины для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Освоение дисциплины лицами с ограниченными возможностями здоровья и инвалидами осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения.

При занятиях с обучающимися **с нарушениями слуха** предусмотрено использование звукоусиливающей аппаратуры, мультимедийных средств и других технических средств приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы преподавания для обучающихся с инвалидностью, портативной индукционной системы. Учебная аудитория, в которой занимаются обучающиеся с нарушением слуха, оборудована компьютерной техникой, аудиотехникой, видеотехникой, электронной доской, мультимедийной системой.

При занятиях с обучающимися **с нарушениями зрениями** предусмотрено использование в лекционных и учебных аудиториях возможности просмотра удаленных объектов (например, текста на доске или слайда на экране) при помощи видеоувеличителей для комфортного просмотра.

При занятиях с обучающимися **с нарушениями опорно-двигательного аппарата** используются альтернативные устройства ввода информации и другие технические средства приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы обучения для людей с инвалидностью.

## 14. Оценочные материалы и методические рекомендации по организации изучения дисциплины

### 14.1. Содержание оценочных материалов и методические рекомендации

Для оценки степени сформированности и уровня освоения закрепленных за дисциплиной компетенций используются оценочные материалы в составе:

#### 14.1.1. Тестовые задания

1. Для полного вероятностного описания последовательности n отсчетов непрерывного сигнала нужно задать:

1) плотность вероятности каждого отсчета;
2) n-мерную плотность вероятности;
3) математические ожидания и дисперсии;
4) ряд распределения вероятностей реализаций.

2. Для полного вероятностного описания последовательности m-ичных символов длиной n нужно задать:

1) плотность вероятности каждой из величин;
2) совместную плотность вероятности;
3) математическое ожидание и дисперсию;
4) nm-мерный ряд распределения вероятностей реализаций.

3. Цифровой двоичный сигнал – это последовательность:

1) n непрерывных случайных величин – отсчетов случайного процесса по времени;
2) двоичных символов длиной n;
3) m-ичных символов длиной n;
4) отрезков случайного процесса.

4. Какой из перечисленных сигналов является случайным?

1) Одиночный прямоугольный импульс.
2) Периодическая последовательность импульсов.

Согласована на портале № 36683

3) Сигнал передачи данных.
4) Гармонический сигнал.

5. Для полного вероятностного описания последовательности двоичных символов длиной n нужно задать:
1) плотность вероятности каждой из величин;
2) 2m-мерный ряд распределения вероятностей реализаций;
3) математическое ожидание и дисперсию;
4) совместную плотность вероятности.

6. Какой из перечисленных сигналов является детерминированным?
1) Периодическая последовательность прямоугольных импульсов.
2) Телевизионный сигнал.
3) Телефонный сигнал.
4) Сигнал звукового вещания.
7. Для полного вероятностного описания отрезка непрерывной случайной функции нужно задать:
1) плотность вероятности каждого отсчета;
2) n-мерную плотность вероятности при $n \to \infty$;
3) математические ожидания и дисперсии;
4) ряд распределения вероятностей реализаций.

### 14.1.2. Темы опросов на занятиях

Информация и сигналы. Основные понятия и определения.

Основные понятия и определения теории вероятностей; теоремы сложения и умножения; надёжность системы. Описание случайных величин; дискретные и непрерывные случайные величины; плотность вероятности; функция распределения. Числовые характеристики случайных величин; математическое ожидание, СКО и дисперсия, корреляционная функция, начальный и центральный моменты. Гауссовские случайные величины.

Понятие случайного процесса. Вероятностное описание случайных процессов. Моментные функции случайного процесса. Стационарные случайные процессы. Эргодические случайные процессы. Временные средние. Описание совокупности двух случайных процессов. Свойства кореляционной и взаимно корреляционной функций. Белый шум.

Спектральная плотность мощности. Свойства спектральной плотности мощности. Взаимная спектральная плотность мощности. Определение моментных функций и спектральной плотности мощности по экспериментальным данным.

Понятие гауссовского случайного процесса и его свойства. Узкополосные гауссовские случайные процессы.

Постановка задачи анализа линейных систем. Анализ линейной системы в переходном режиме при стационарном воздействии. Имитация случайного процесса с заданной спектральной плотностью. Формирующий фильтр. Анализ линейной системы в стационарном (установившемся режиме). Чисто белый шум и системы с ограниченной полосой пропускания. Эквивалентная шумовая полоса. Взаимная корреляционная функция входного воздействия и отклика линейной системы.

Понятие оптимальной системы. Критерий оптимальности. Оптимизация систем путем подбора их параметров. Оптимальные системы, максимизирующие отношение сигнал/шум. Оптимальные системы, минимизирующие средний квадрат ошибки.

Согласованный линейный фильтр. Примеры построения согласованных линейных фильтров. Обнаружение и различение сигналов при наличии помех (байесовский метод).

Элементы теории оценки неизвестных параметров сигнала.

### 14.1.3. Темы домашних заданий

ЗАДАЧА №1

Записать плотность вероятности суммы $z(t)=x(t)+y(t)$ двух некоррелированных гауссовских стационарных процессов $x(t)$ и $y(t)$, имеющих математические ожидания и дисперсии, равные соответственно $mx=2$ и $my=3$,

Согласована на портале № 36683

ЗАДАЧА №2

На вход интегрирующей RC-цепи поступает белый шум X(t) со спектральной плотностью S0. Найти корреляционную функцию напряжения Y(t) на емкости C.

ЗАДАЧА №3

На цепь, составленную из последовательного соединения индуктивности L и сопротивления R воздействует напряжениеX(t), представляющее собой белый шум со спектральной плотностью S0. Найдите дисперсию напряжения Y(t) на сопротивлении R.

ЗАДАЧА №4

На вход последовательной RC-цепи с параметрами цепи :R= 2 Ком, C=0,5 мкф воздействует белый шум со спектральной плотностью, равной 0.5 В2/Гц.. Определите спектральную плотность процесса на ее выходе.

ЗАДАЧА №5

На вход интегрирующей RC-цепи поступает белый шум x(t) со спектральной плотностью S0. Найти закон установления среднего квадрата отклика y(t) RC-цепи.

### 14.1.4. Вопросы на собеседование

1. Описание случайных процессов с помощью многомерных плотностей вероятности.
2. Квазидетерминированные случайные процессы, свойства реализаций.
3. Математическое ожидание и дисперсия случайного процесса.
4. Корреляционная функция, ковариационная функция и время корреляции случайного процесса.
5. Условие стационарности случайного процесса в широком и узком смысле. Среднее значение, дисперсия и корреляционная функция стационарного случайного процесса в широком смысле.
6. Эргодические случайные процессы. Временные средние характеристики.
7. Описание совокупности двух случайных процессов с помощью многомерных плотностей вероятности.
8. Стационарно связанные и взаимно эргодические случайные процессы.
9. Свойства корреляционной функции случайного процесса.
10. Свойства взаимной корреляционной функции.
11. Спектральная плотность и ее связь с корреляционной функцией случайного процесса.
12. Свойства спектральной плотности. Факторизация спектральной плотности.
13. Белый шум и белый шум с ограниченной по полосе спектром. Их корреляционные функции.
14. Гауссовский случайный процесс и его свойства.
15. Узкополосный гауссовский случайный процесс, его квадратурные составляющие.
16. Свойства квадратурных составляющих узкополосного гауссовского случайного процесса.
17. Одномерные плотности вероятностей огибающей и фазы узкополосного гауссовского процесса.
18. Одномерная плотность вероятностей огибающей смеси сигнала с узкополосным шумом.
19. Плотность вероятностей фазовой ошибки при наблюдении смеси сигнала с узкополосным шумом.
20. Асимптотические плотности вероятностей огибающей и фазовой ошибки при больших отношениях сигнала к шуму.
21. Свойства линейной системы. Характеристики линейной системы и связь между ними.
22. Анализ линейной системы в переходном режиме при стационарном воздействии.
23. Имитация случайного процесса с заданной спектральной плотностью. Формирующий фильтр.
24. Анализ линейной системы в установившемся режиме.
25. Эквивалентная шумовая полоса.
26. Взаимная корреляционная функция входного воздействия и отклика линейной системы.
27. Постановка задачи поиска оптимальной системы по критерию получения максимума отношения сигнал/шум и по критерию минимума среднего квадрата ошибки.
28. Оптимизация систем путем подбора их параметров.
29. Оптимальные системы, максимизирующие отношение сигнал/шум.

Согласована на портале № 36683

30. Импульсная характеристика и комплексная частотная характеристика согласованного фильтра.

31. Определение импульсной характеристики оптимального фильтра по критерию минимума среднего квадрата ошибки. (Получение интегрального уравнения).

32. Прямой метод нелинейных преобразований случайных процессов.

33. Среднее значение процессов на выходе квадратичного детектора и ФНЧ.

34. Корреляционная функция процесса на выходе квадратичного детектора.

35. Спектральная плотность процесса на выходе квадратичного детектора.

### 14.1.5. Зачёт

ЗАДАЧА №1

На вход интегрирующей RC-цепи поступает белый шум X(t) со спектральной плотностью S0. Найти взаимную корреляционную функцию входного воздействия X(t) и отклика Y(t) RC-цепи.

ЗАДАЧА №2

Определит вероятность того, что значения стационарного гауссовского процесса с параметрами mA=0, σA=3В превышают 2 В.

ЗАДАЧА №3

Определить вероятность того, что значение фазы узкополосного гауссовского случайного процесса находится в интервале $[0, 2\pi/3]$.

ЗАДАЧА №4

Определить шумовую полосу последовательной RC-цепи с параметрами цепи: R= 2 Ком, C=0,5 мкф.

### 14.1.6. Темы контрольных работ

ЗАДАЧА №1

Записать плотность вероятности суммы z(t)=x(t)+y(t) двух некоррелированных гауссовских стационарных процессов x(t) и y(t), имеющих математические ожидания и дисперсии, равные соответственно mx =2 и my=3,

ЗАДАЧА №2

Записать плотность вероятности разности z(t)=x(t)-y(t) двух некоррелированных гауссовских стационарных процессов x(t) и y(t), имеющих математические ожидания и дисперсии, равные соответственно mx =3 и my=2,

ЗАДАЧА №3

Дисперсия стационарного узкополосного гауссовского процесса равна 4 . Найдите плотность вероятностей и математическое ожидание огибающей этого процесса.

### 14.1.7. Темы расчетных работ

ЗАДАЧА №29

На вход интегрирующей RC-цепи поступает белый шум X(t) со спектральной плотностью S0. Найти взаимную корреляционную функцию входного воздействия X(t) и отклика Y(t) RC-цепи.

ЗАДАЧА №30

Определит вероятность того, что значения стационарного гауссовского процесса с параметрами mA=0, σA=3В превышают 2 В.

ЗАДАЧА №23

На цепь, составленную из последовательного соединения индуктивности L и сопротивления R воздействует напряжениеX(t), представляющее собой белый шум со спектральной плотностью S0. Найдите дисперсию напряжения Y(t) на сопротивлении R.

ЗАДАЧА №24

На вход последовательной RC-цепи с параметрами цепи :R= 2 Ком, C=0,5 мкф воздействует белый шум со спектральной плотностью, равной 0.5 В2/Гц.. Определите спектральную плотность процесса на ее выходе.

### 14.1.8. Темы лабораторных работ

Статистическое описание случайных сигналов

Статистические свойства смеси регулярного сигнала и узкополосного стационарного гаус-

Согласована на портале № 36683

совского шума

Оптимальное обнаружение полезного сигнала на фоне шума

Изучение методов оценки неизвестных параметров полезных сигналов при наличии помех

### 14.1.9. Методические рекомендации

Основная рекомендация сводится к обеспечению равномерной активной работы студентов над курсом в течение учебного семестра.

При изучении курса следует стараться понять то общее, что объединяет рассматри-ваемые вопросы. В частности, ключевым является понятие случайного процесса и его ве-роятностное описание.

Лекционные занятия рекомендуется проводить с применением демонстрационного материала, например, с демонстрацией презентаций

Практические занятия и лабораторные работы также желательно проводить с использованием имеющихся на кафедре демонстрационных материалов. Используя имеющиеся оригинальные программы, ряд задач можно выполнять дома. В этом случае в аудитории основное внимание концентрируется на методике использования указанных программ.

## 14.2. Требования к оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусмотрены дополнительные оценочные материалы, перечень которых указан в таблице 14.

Таблица 14 – Дополнительные материалы оценивания для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

| Категории обучающихся | Виды дополнительных оценочных материалов | Формы контроля и оценки результатов обучения |
|---|---|---|
| С нарушениями слуха | Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы | Преимущественно письменная проверка |
| С нарушениями зрения | Собеседование по вопросам к зачету, опрос по терминам | Преимущественно устная проверка (индивидуально) |
| С нарушениями опорно-двигательного аппарата | Решение дистанционных тестов, контрольные работы, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету | Преимущественно дистанционными методами |
| С ограничениями по общемедицинским показаниям | Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы, устные ответы | Преимущественно проверка методами исходя из состояния обучающегося на момент проверки |

## 14.3. Методические рекомендации по оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусматривается доступная форма предоставления заданий оценочных средств, а именно:

- в печатной форме;
- в печатной форме с увеличенным шрифтом;
- в форме электронного документа;
- методом чтения ассистентом задания вслух;
- предоставление задания с использованием сурдоперевода.

Лицам с ограниченными возможностями здоровья и инвалидам увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы. Для таких обучающихся предусматривается доступная форма предоставления ответов на задания, а именно:

- письменно на бумаге;
- набор ответов на компьютере;
- набор ответов с использованием услуг ассистента;

Согласована на портале № 36683

– представление ответов устно.

Процедура оценивания результатов обучения лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

**Для лиц с нарушениями зрения:**

– в форме электронного документа;

– в печатной форме увеличенным шрифтом.

**Для лиц с нарушениями слуха:**

– в форме электронного документа;

– в печатной форме.

**Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:**

– в форме электронного документа;

– в печатной форме.

При необходимости для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.

Согласована на портале № 36683