**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования**

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

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по УР
_____Сенченко П.В.
«22» _____02_____ 2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

# СТАТИСТИЧЕСКАЯ РАДИОТЕХНИКА

Уровень образования: **высшее образование - специалитет**
Направление подготовки / специальность: **11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы**
Направленность (профиль) / специализация: **Радиоэлектронные системы и комплексы**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **Радиотехнический факультет (РТФ)**
Кафедра: **Кафедра радиотехнических систем (РТС)**
Курс: **2**
Семестр: **4**
Учебный план набора 2023 года

Объем дисциплины и виды учебной деятельности

| Виды учебной деятельности | 4 семестр | Всего | Единицы |
|---|---|---|---|
| Лекционные занятия | 26 | 26 | часов |
| Практические занятия | 26 | 26 | часов |
| Лабораторные занятия | 16 | 16 | часов |
| Самостоятельная работа | 76 | 76 | часов |
| Общая трудоемкость (включая промежуточную аттестацию) | 144 | 144 | часов |
| | 4 | 4 | з.е. |

| Формы промежуточной аттестация | Семестр |
|---|---|
| Зачет | 4 |

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Сенченко П.В.
Должность: Проректор по УР
Дата подписания: 22.02.2023
Уникальный программный ключ:
a1119608-cdff-4455-b54e-5235117c185c

Томск

Согласована на портале № 73195

## 1. Общие положения

### 1.1. Цели дисциплины

1. Изучить классификацию и вероятностное описание случайных процессов.
2. Изложить особенности линейные и нелинейных преобразований случайных процессов.
3. Познакомить с особенностями синтеза оптимальных линейных систем.

### 1.2. Задачи дисциплины

1. Дать классификацию случайных процессов.
2. Подробно рассмотреть прямой метод описания случайных процессов.
3. Разъяснить физический смысл статистическим характеристикам случайных процессов.
4. Познакомить с методами нахождения статистических характеристик отклика линейных систем на воздействие нестационарных случайных процессов.
5. Сформулировать и пояснить методы нахождения статистических характеристик отклика линейных систем на воздействие стационарных случайных процессов.
6. Описать методы нахождения статистических характеристик отклика нелинейных систем на воздействие стационарных случайных процессов.
7. Разъяснить понятие оптимальная система и критерий оптимальности.
8. Сформулировать и пояснить методы синтеза оптимальных линейных систем.
9. Изучить способы и рассмотреть примеры построения согласованных фильтров.

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Блок дисциплин: Б1. Дисциплины (модули).

Часть блока дисциплин: Обязательная часть.

Модуль дисциплин: Модуль специальности (general hard skills – GHS).

Индекс дисциплины: Б1.О.03.09.

Реализуется с применением электронного обучения, дистанционных образовательных технологий.

## 3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и основной образовательной программой (таблица 3.1):

Таблица 3.1 – Компетенции и индикаторы их достижения

| Компетенция | Индикаторы достижения компетенции | Планируемые результаты обучения по дисциплине |
|---|---|---|
| **Универсальные компетенции** | | |
| - | - | - |
| **Общепрофессиональные компетенции** | | |

Согласована на портале № 73195

| | | |
|---|---|---|
| ОПК-4. Способен проводить экспериментальные исследования и владеть основными приемами обработки и представления экспериментальных данных | ОПК-4.1. Знает основные принципы проведения экспериментальных исследований и использования основных приемов обработки и представления полученных данных | Знать:<br>- подходы к статистическому описанию случайных процессов;<br>- основы корреляционной и спектральной теории случайных процессов;<br>- классификацию случайных процессов;<br>- примеры случайных процессов, широко используемых при анализе и синтезе радиотехнических систем;<br>- методы оценки статистических характеристик отклика линейных систем при воздействии случайных процессов;<br>- методы синтеза оптимальных линейных систем применительно к обработке и представлению полученных данных;<br>- учитывать при проведении экспериментальных исследований статистический характер оцениваемых параметров. |
| | ОПК-4.2. Умеет выбирать эффективную методику экспериментальных исследований | Уметь:<br>- определять тип случайного процесса согласно классификации;<br>- выполнять типовые расчеты вероятностных характеристик отклика линейной системы в результате воздействия случайного процесса;<br>- аргументировано изложить постановку задачи статистического синтеза оптимальной линейно системы, в частности, для выбора эффективной методики экспериментальных исследований. |
| | ОПК-4.3. Владеет навыками проведения экспериментальных исследований, обработки и представления полученных данных | Владеет:<br>- специальной терминологией;<br>- способами статистического описания случайных процессов;<br>- навыками оценки статистических характеристик отклика линейной системы в результате воздействия случайного процесса;<br>- методами синтеза оптимальных систем обработки сигналов в радиоэлектронных системах, а также при проведении экспериментальных исследований, обработки и представления полученных данных. |
| **Профессиональные компетенции** | | |
| - | - | - |

**4. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем и на самостоятельную работу обучающихся**

Согласована на портале № 73195

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц, 144 академических часов.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам учебной деятельности представлено в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины по видам учебной деятельности

| Виды учебной деятельности | Всего часов | Семестры |
|---|---|---|
| | | 4 семестр |
| **Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего** | 68 | 68 |
| Лекционные занятия | 26 | 26 |
| Практические занятия | 26 | 26 |
| Лабораторные занятия | 16 | 16 |
| **Самостоятельная работа обучающихся, в т.ч. контактная внеаудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего** | 76 | 76 |
| Подготовка к зачету | 20 | 20 |
| Подготовка к тестированию | 14 | 14 |
| Разработка заданий, задач и упражнений с описанием методики их решения | 26 | 26 |
| Подготовка к защите отчета по лабораторной работе | 6 | 6 |
| Подготовка к лабораторной работе, написание отчета | 10 | 10 |
| **Общая трудоемкость (в часах)** | 144 | 144 |
| **Общая трудоемкость (в з.е.)** | 4 | 4 |

## 5. Структура и содержание дисциплины

### 5.1. Разделы (темы) дисциплины и виды учебной деятельности

Структура дисциплины по разделам (темам) и видам учебной деятельности приведена в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Разделы (темы) дисциплины и виды учебной деятельности

| Названия разделов (тем) дисциплины | Лек. зан., ч | Прак. зан., ч | Лаб. раб. | Сам. раб., ч | Всего часов (без экзамена) | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **4 семестр** | | | | | | |
| 1 Введение | 1 | - | - | 4 | 5 | ОПК-4 |
| 2 Сведения из теории вероятностей | 2 | 2 | - | 8 | 12 | ОПК-4 |
| 3 Вероятностное описание случайных процессов | 4 | 4 | 6 | 16 | 30 | ОПК-4 |
| 4 Спектральный анализ случайных процессов | 4 | 4 | - | 6 | 14 | ОПК-4 |
| 5 Гауссовские случайные процессы | 3 | 4 | 6 | 14 | 27 | ОПК-4 |
| 6 Отклик линейных систем на воздействие случайных процессов | 6 | 6 | 4 | 16 | 32 | ОПК-4 |
| 7 Оптимальные линейные системы | 6 | 6 | - | 12 | 24 | ОПК-4 |
| Итого за семестр | 26 | 26 | 16 | 76 | 144 | |
| Итого | 26 | 26 | 16 | 76 | 144 | |

### 5.2. Содержание разделов (тем) дисциплины

Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям) приведено в таблице 5.2.

Согласована на портале № 73195

Таблица 5.2 – Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям)

| Названия разделов (тем) дисциплины | Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям) | Трудоемкость (лекционные занятия), ч | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|
| **4 семестр** | | | |
| 1 Введение | Информация и сигналы в радиотехнических системах. Основные понятия и определения. Статистическая радиотехника как основа разработки и анализа радиотехнических систем, а также проведения и обработки экспериментальных данных. | 1 | ОПК-4 |
| | Итого | 1 | |
| 2 Сведения из теории вероятностей | Основные понятия и определения теории вероятностей; теоремы сложения и умножения. 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 | ОПК-4 |
| | Итого | 2 | |
| 3 Вероятностное описание случайных процессов | 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 | ОПК-4 |
| | Итого | 4 | |
| 4 Спектральный анализ случайных процессов | Спектральная плотность мощности. Свойства спектральной плотности мощности. Взаимная спектральная плотность мощности. Определение моментных функций и спектральной плотности мощности по экспериментальным данным. | 4 | ОПК-4 |
| | Итого | 4 | |
| 5 Гауссовские случайные процессы | Понятие гауссовского случайного процесса и его свойства. Узкополосные гауссовские случайные процессы. | 3 | ОПК-4 |
| | Итого | 3 | |

Согласована на портале № 73195

| | | | |
|---|---|---|---|
| 6 Отклик линейных систем на воздействие случайных процессов | Понятие оптимальной системы. Критерий оптимальности. Оптимизация систем путем подбора их параметров. Оптимальные системы, максимизирующие отношение сигнал/шум. Оптимальные системы, минимизирующие средний квадрат ошибки. | 6 | ОПК-4 |
| | Итого | 6 | |
| 7 Оптимальные линейные системы | Согласованный линейный фильтр. Примеры построения согласованных линейных фильтров. Обнаружение и различение сигналов при наличии по-мех (байесовский метод). Элементы теории оценки неизвестных параметров сигнала | 6 | ОПК-4 |
| | Итого | 6 | |
| Итого за семестр | | 26 | |
| Итого | | 26 | |

### 5.3. Практические занятия (семинары)

Наименование практических занятий (семинаров) приведено в таблице 5.3.

Таблица 5.3. – Наименование практических занятий (семинаров)

| Названия разделов (тем) дисциплины | Наименование практических занятий (семинаров) | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|
| **4 семестр** | | | |
| 2 Сведения из теории вероятностей | Описание случайных величин. Вероятность случайного события. Формула полной вероятности. Числовые характеристики случайных величин. | 2 | ОПК-4 |
| | Итого | 2 | |
| 3 Вероятностное описание случайных процессов | Вероятностное описание случайных процессов. Числовые характеристики случайных процессов. | 4 | ОПК-4 |
| | Итого | 4 | |
| 4 Спектральный анализ случайных процессов | Спектральная плотность мощности. Формула Винера-Хинчина | 4 | ОПК-4 |
| | Итого | 4 | |
| 5 Гауссовские случайные процессы | Числовые характеристики гауссовских случайных процессов. | 4 | ОПК-4 |
| | Итого | 4 | |
| 6 Отклик линейных систем на воздействие случайных процессов | Отклик линейных систем на воздействие случайных процессов. | 6 | ОПК-4 |
| | Итого | 6 | |
| 7 Оптимальные линейные системы | Согласованный фильтр. Оптимальное обнаружение сигнала на фоне шума. | 6 | ОПК-4 |
| | Итого | 6 | |
| Итого за семестр | | 26 | |
| Итого | | 26 | |

Согласована на портале № 73195

### 5.4. Лабораторные занятия

Наименование лабораторных работ приведено в таблице 5.4.

Таблица 5.4 – Наименование лабораторных работ

| Названия разделов (тем) дисциплины | Наименование лабораторных работ | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|
| **4 семестр** | | | |
| 3 Вероятностное описание случайных процессов | Исследование статистических характеристик узкополосных гауссовских случайных процессов | 6 | ОПК-4 |
| | Итого | 6 | |
| 5 Гауссовские случайные процессы | Статистические свойства аддитивной смеси полезного сигнала и узкополосного стационарного гауссовского шума | 6 | ОПК-4 |
| | Итого | 6 | |
| 6 Отклик линейных систем на воздействие случайных процессов | Исследование моментных функций случайного процесса на выходе фильтра низких частот | 4 | ОПК-4 |
| | Итого | 4 | |
| Итого за семестр | | 16 | |
| Итого | | 16 | |

### 5.5. Курсовой проект / курсовая работа

Не предусмотрено учебным планом

### 5.6. Самостоятельная работа

Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции представлены в таблице 5.6.

Таблица 5.6. – Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции

| Названия разделов (тем) дисциплины | Виды самостоятельной работы | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции | Формы контроля |
|---|---|---|---|---|
| **4 семестр** | | | | |
| 1 Введение | Подготовка к зачету | 2 | ОПК-4 | Зачёт |
| | Подготовка к тестированию | 2 | ОПК-4 | Тестирование |
| | Итого | 4 | | |
| 2 Сведения из теории вероятностей | Подготовка к зачету | 2 | ОПК-4 | Зачёт |
| | Подготовка к тестированию | 2 | ОПК-4 | Тестирование |
| | Разработка заданий, задач и упражнений с описанием методики их решения | 4 | ОПК-4 | Задачи и упражнения |
| | Итого | 8 | | |

Согласована на портале № 73195

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 3 Вероятностное описание случайных процессов | Подготовка к зачету | 2 | ОПК-4 | Зачёт |
| | Подготовка к тестированию | 2 | ОПК-4 | Тестирование |
| | Разработка заданий, задач и упражнений с описанием методики их решения | 6 | ОПК-4 | Задачи и упражнения |
| | Подготовка к защите отчета по лабораторной работе | 2 | ОПК-4 | Защита отчета по лабораторной работе |
| | Подготовка к лабораторной работе, написание отчета | 4 | ОПК-4 | Лабораторная работа |
| | Итого | 16 | | |
| 4 Спектральный анализ случайных процессов | Подготовка к зачету | 2 | ОПК-4 | Зачёт |
| | Подготовка к тестированию | 2 | ОПК-4 | Тестирование |
| | Разработка заданий, задач и упражнений с описанием методики их решения | 2 | ОПК-4 | Задачи и упражнения |
| | Итого | 6 | | |
| 5 Гауссовские случайные процессы | Подготовка к зачету | 4 | ОПК-4 | Зачёт |
| | Подготовка к тестированию | 2 | ОПК-4 | Тестирование |
| | Разработка заданий, задач и упражнений с описанием методики их решения | 2 | ОПК-4 | Задачи и упражнения |
| | Подготовка к защите отчета по лабораторной работе | 2 | ОПК-4 | Защита отчета по лабораторной работе |
| | Подготовка к лабораторной работе, написание отчета | 4 | ОПК-4 | Лабораторная работа |
| | Итого | 14 | | |

Согласована на портале № 73195

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 6 Отклик линейных систем на воздействие случайных процессов | Подготовка к зачету | 4 | ОПК-4 | Зачёт |
| | Подготовка к тестированию | 2 | ОПК-4 | Тестирование |
| | Разработка заданий, задач и упражнений с описанием методики их решения | 6 | ОПК-4 | Задачи и упражнения |
| | Подготовка к защите отчета по лабораторной работе | 2 | ОПК-4 | Защита отчета по лабораторной работе |
| | Подготовка к лабораторной работе, написание отчета | 2 | ОПК-4 | Лабораторная работа |
| | Итого | 16 | | |
| 7 Оптимальные линейные системы | Подготовка к зачету | 4 | ОПК-4 | Зачёт |
| | Подготовка к тестированию | 2 | ОПК-4 | Тестирование |
| | Разработка заданий, задач и упражнений с описанием методики их решения | 6 | ОПК-4 | Задачи и упражнения |
| | Итого | 12 | | |
| Итого за семестр | | 76 | | |
| Итого | | 76 | | |

### 5.7. Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов учебной деятельности

Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов учебной деятельности представлено в таблице 5.7.

Таблица 5.7 – Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

| Формируемые компетенции | Виды учебной деятельности | | | | Формы контроля |
|---|---|---|---|---|---|
| | Лек. зан. | Прак. зан. | Лаб. раб. | Сам. раб. | |
| ОПК-4 | + | + | + | + | Задачи и упражнения, Зачёт, Защита отчета по лабораторной работе, Лабораторная работа, Тестирование |

## 6. Рейтинговая система для оценки успеваемости обучающихся

### 6.1. Балльные оценки для форм контроля

Балльные оценки для форм контроля представлены в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Балльные оценки

| Формы контроля | 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 |
|---|---|---|---|---|
| **4 семестр** | | | | |
| Зачёт | 10 | 10 | 10 | 30 |
| Защита отчета по лабораторной работе | 10 | 10 | 10 | 30 |

Согласована на портале № 73195

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Лабораторная работа | 4 | 4 | 4 | 12 |
| Тестирование | 2 | 4 | 4 | 10 |
| Задачи и упражнения | 6 | 6 | 6 | 18 |
| Итого максимум за период | 32 | 34 | 34 | 100 |
| Нарастающим итогом | 32 | 66 | 100 | 100 |

### 6.2. Пересчет баллов в оценки за текущий контроль

Пересчет баллов в оценки за текущий контроль представлен в таблице 6.2.

Таблица 6.2 – Пересчет баллов в оценки за текущий контроль

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

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

Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку представлен в таблице 6.3.

Таблица 6.3 – Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

| Оценка | Итоговая сумма баллов, учитывает успешно сданный экзамен | Оценка (ECTS) |
|---|---|---|
| 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) |

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 7.1. Основная литература

1. Кашкин В.Б. Статистическая радиотехника : учебное пособие. - Красноярск : СФУ 2020 on-line [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/181628.

### 7.2. Дополнительная литература

1. Статистическая теория радиотехнических систем: Учебное пособие / В. И. Тисленко - 2016. 160 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/6554.

2. Берикашвили, В. Ш. Статистическая обработка данных, планирование эксперимента и случайные процессы : учебное пособие для вузов / В. Ш. Берикашвили, С. П. Оськин. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 164 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://urait.ru/bcode/515268.

3. Пригарин, С. М. Статистическое моделирование многомерных гауссовских распределений : учебное пособие для вузов / С. М. Пригарин. — Москва : Издательство Юрайт, 2022. — 83 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://urait.ru/bcode/494790.

### 7.3. Учебно-методические пособия

#### 7.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

Согласована на портале № 73195

1. Статистическая радиотехника и радиофизика: Учебно - методическое пособие для проведения лабораторных работ и самостоятельной работы студентов / А. С. Чумаков - 2012. 30 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/1746.

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

Учебно-методические материалы для самостоятельной и аудиторной работы обучающихся 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.

### 7.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. При изучении дисциплины рекомендуется обращаться к современным базам данных, информационно-справочным и поисковым системам, к которым у ТУСУРа открыт доступ: https://lib.tusur.ru/ru/resursy/bazy-dannyh.

2. ЭБС «Юрайт»: виртуальный читальный зал учебников и учебных пособий от авторов из ведущих вузов России (https://urait.ru/). Доступ из личного кабинета студента по ссылке https://study.tusur.ru/study/download/.

3. ЭБС «Лань»: электронно-библиотечная система издательства «Лань» (https://e.lanbook.com/). Доступ из личного кабинета студента по ссылке https://study.tusur.ru/study/download/.

4. zbMATH: Самая полная математическая база данных (https://zbmath.org/).

## 8. Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины

### 8.1. 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 достаточным количеством посадочных мест для учебной группы, оборудованная доской и стандартной учебной мебелью. Имеются мультимедийное оборудование и учебно-наглядные пособия, обеспечивающие тематические иллюстрации по лекционным разделам дисциплины.

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

Учебная лаборатория информационных технологий: учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа, помещение для курсового проектирования (выполнения курсовых работ); 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 423 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Доска магнитно-маркерная BRAUBERG;
- LMC-100103 Экран с электроприводом Master Control Matte 203*203 см White FiberGlass, черная кайма по периметру;
- Проектор NEC «M361X»;
- Системный блок (16 шт.);
- Мониторы (16 шт.);
- Компьютер;
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:

Согласована на портале № 73195

- LibreOffice;
- Microsoft Windows 7 Pro;
- OpenOffice;
- PTC Mathcad 13, 14;
- Scilab;

### 8.3. Материально-техническое и программное обеспечение для лабораторных работ

Учебная лаборатория информационных технологий: учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа, помещение для курсового проектирования (выполнения курсовых работ); 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 423 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Доска магнитно-маркерная BRAUBERG;
- LMC-100103 Экран с электроприводом Master Control Matte 203*203 см White FiberGlass, черная кайма по периметру;
- Проектор NEC «M361X»;
- Системный блок (16 шт.);
- Мониторы (16 шт.);
- Компьютер;
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:

- LibreOffice;
- OpenOffice;
- PTC Mathcad 13, 14;
- Scilab;

### 8.4. 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, 209 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 126 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 207 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- учебная мебель;
- компьютеры;
- компьютеры подключены к сети «Интернет» и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду ТУСУРа.

Перечень программного обеспечения:

- Microsoft Windows;
- OpenOffice;
- Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows;
- 7-Zip;
- Google Chrome.

### 8.5. 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

Согласована на портале № 73195

которой занимаются обучающиеся с нарушением слуха, оборудована компьютерной техникой, аудиотехникой, видеотехникой, электронной доской, мультимедийной системой.

При занятиях с обучающимися с **нарушениями зрения** 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.

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

### 9.1. Содержание оценочных материалов для текущего контроля и промежуточной аттестации

Для оценки степени сформированности и уровня освоения закрепленных за дисциплиной компетенций используются оценочные материалы, представленные в таблице 9.1.

Таблица 9.1 – Формы контроля и оценочные материалы

| Названия разделов (тем) дисциплины | Формируемые компетенции | Формы контроля | Оценочные материалы (ОМ) |
|---|---|---|---|
| 1 Введение | ОПК-4 | Зачёт | Перечень вопросов для зачета |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| 2 Сведения из теории вероятностей | ОПК-4 | Зачёт | Перечень вопросов для зачета |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| | | Задачи и упражнения | Примерный перечень тем для составления и разработки собственных задач и упражнений |
| 3 Вероятностное описание случайных процессов | ОПК-4 | Зачёт | Перечень вопросов для зачета |
| | | Защита отчета по лабораторной работе | Примерный перечень вопросов для защиты лабораторных работ |
| | | Лабораторная работа | Темы лабораторных работ |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| | | Задачи и упражнения | Примерный перечень тем для составления и разработки собственных задач и упражнений |

Согласована на портале № 73195

| | | | |
|---|---|---|---|
| 4 Спектральный анализ случайных процессов | ОПК-4 | Зачёт | Перечень вопросов для зачета |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| | | Задачи и упражнения | Примерный перечень тем для составления и разработки собственных задач и упражнений |
| 5 Гауссовские случайные процессы | ОПК-4 | Зачёт | Перечень вопросов для зачета |
| | | Защита отчета по лабораторной работе | Примерный перечень вопросов для защиты лабораторных работ |
| | | Лабораторная работа | Темы лабораторных работ |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| | | Задачи и упражнения | Примерный перечень тем для составления и разработки собственных задач и упражнений |
| 6 Отклик линейных систем на воздействие случайных процессов | ОПК-4 | Зачёт | Перечень вопросов для зачета |
| | | Защита отчета по лабораторной работе | Примерный перечень вопросов для защиты лабораторных работ |
| | | Лабораторная работа | Темы лабораторных работ |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| | | Задачи и упражнения | Примерный перечень тем для составления и разработки собственных задач и упражнений |
| 7 Оптимальные линейные системы | ОПК-4 | Зачёт | Перечень вопросов для зачета |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| | | Задачи и упражнения | Примерный перечень тем для составления и разработки собственных задач и упражнений |

Шкала оценки сформированности отдельных планируемых результатов обучения по дисциплине приведена в таблице 9.2.

Таблица 9.2 – Шкала оценки сформированности планируемых результатов обучения по дисциплине

| Оценка | Баллы за ОМ | Формулировка требований к степени сформированности планируемых результатов обучения | | |
|---|---|---|---|---|
| | | знать | уметь | владеть |

Согласована на портале № 73195

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 2 (неудовлетворительно) | < 60% от максимальной суммы баллов | отсутствие знаний или фрагментарные знания | отсутствие умений или частично освоенное умение | отсутствие навыков или фрагментарные применение навыков |
| 3 (удовлетворительно) | от 60% до 69% от максимальной суммы баллов | общие, но не структурированные знания | в целом успешно, но не систематически осуществляемое умение | в целом успешное, но не систематическое применение навыков |
| 4 (хорошо) | от 70% до 89% от максимальной суммы баллов | сформированные, но содержащие отдельные проблемы знания | в целом успешное, но содержащие отдельные пробелы умение | в целом успешное, но содержащие отдельные пробелы применение навыков |
| 5 (отлично) | ≥ 90% от максимальной суммы баллов | сформированные систематические знания | сформированное умение | успешное и систематическое применение навыков |

Шкала комплексной оценки сформированности компетенций приведена в таблице 9.3.

Таблица 9.3 – Шкала комплексной оценки сформированности компетенций

| Оценка | Формулировка требований к степени компетенции |
|---|---|
| 2 (неудовлетворительно) | Не имеет необходимых представлений о проверяемом материале<br>или<br>Знать на уровне **ориентирования**, представлений. Обучающийся знает основные признаки или термины изучаемого элемента содержания, их отнесенность к определенной науке, отрасли или объектам, узнает в текстах, изображениях или схемах и знает, к каким источникам нужно обращаться для более детального его усвоения. |
| 3 (удовлетворительно) | Знать и уметь на **репродуктивном** уровне. Обучающихся знает изученный элемент содержания репродуктивно: произвольно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях. |
| 4 (хорошо) | Знать, уметь, владеть на **аналитическом** уровне. Зная на репродуктивном уровне, указывать на особенности и взаимосвязи изученных объектов, на их достоинства, ограничения, историю и перспективы развития и особенности для разных объектов усвоения. |
| 5 (отлично) | Знать, уметь, владеть на **системном** уровне. Обучающийся знает изученный элемент содержания системно, произвольно и доказательно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях, учитывая и указывая связи и зависимости между этим элементом и другими элементами содержания дисциплины, его значимость в содержании дисциплины. |

### 9.1.1. Примерный перечень тестовых заданий

1. Случайный процесс X(t) = A*cos(2*pi*f0*t+fi0) со случайной начальной фазой fi0 и детерминированными параметрами (A, f0) является: а) широкополосным; б) шумоподобным; в) квазидетерминированным; г) непрерывнозначным.

Согласована на портале № 73195

2. Случайный процесс X(t), у которого математическое ожидание является детерминированной функцией времени, является: а) детерминированным; б) стационарным; в) эргодическим; г) нестационарным; д) неэргодическим.
3. Математическое ожидание случайного процесса процесса X(t), найденное усреднением по ансамблю реализаций, не равно математическому ожиданию, полученному усреднением по времени одной реализации. Такой случайный процесс относится к классу: а) узкополосных; б) широкополосных; в) эргодических; г) неэргодических.
4. Случайные процессы X(t) и Y(t) являются гауссовскими. Каким процессом окажется произведение этих процессов? Ответы: а) гауссовским; б) негауссовским; в) детерминированным; г) мультипликативным.
5. Случайные процессы X(t) и Y(t) являются гауссовскими. Каким процессом окажется сумма этих процессов ? Ответы: а) гауссовским; б) негауссовским; в) детерминированным; г) мультипликативным.
6. Над гауссовским случайным процессом X(t) выполнено преобразование вида Y(t)=X(t)/C, где C - вещественная константа. Какая плотность вероятностей окажется у случайного процесса Y(t) ? Ответы: а) равномерная; б) экспоненциальная; в) Рэлеевская; г) гауссовская.
7. Над гауссовским случайным процессом X(t) выполнено преобразование вида Y(t)=|X(t)|. Какая плотность вероятностей окажется у случайного процесса Y(t) ? Ответы: а) экспоненциальная; б) равномерная; в) Рэлеевская; г) гауссовская.
8. Спектральная плотность мощности случайного процесса X(t) с нулевым средним значением в ограниченной полосе df = 100 Гц постоянна и равна N0=2 Вт/Гц. Случайный процесс X(t) поступает на вход идеального фильтра с прямоугольной АЧХ и единичным коэффициентом передачи в полосе. Чему равна мощность шума на выходе идеального фильтра полосой 50 Гц? Ответы: а) 200 Вт; б) 100 Вт; в) 25 Вт; г) 2 Вт.
9. Полезный сигнал является детерминированным вида s(t) = A * exp(-b*t). Какова будет импульсная характеристика согласованного фильтра, если на вход фильтра поступает аддитивная смесь сигнала и белого шума? Ответы: а) h(t) = A * exp(-b*(t0-t)); б) h(t) = A * exp(b*(t0-t)); в) h(t) = -A * exp(-b*(t0-t)); г) h(t) = -A * exp(b*(t0-t)).
10. Аддитивная смесь состоит из полезного сигнала мощностью 5 Вт и узкополосного гауссовского шума мощность 4 Вт. Каким законом распределения описывается огибающая аддитивной смеси полезного сигнала и шума ? Ответы: а) гауссовским; б) Рэлеевским; в) Райсовским; г) равномерным.
11. Аддитивная смесь состоит из полезного сигнала мощностью 5 Вт и узкополосного гауссовского шума мощность 4 Вт. Каким законом распределения описывается фаза аддитивной смеси полезного сигнала и шума ? Ответы: а) гауссовским; б) Рэлеевским; в) Райсовским; г) равномерным.

### 9.1.2. Перечень вопросов для зачета

1. Что такое случайный процесс?
2. Что такое корреляционная функция?
3. Что показывает корреляционная функция случайного процесса? Что такое интервал (временной) корреляции?
4. Что такое стационарный/нестационарный случайный процесс? Пояснить графически (на рисунке привести примеры реализаций стационарного и нестационарного процессов).
5. В чём состоит эргодическое свойство случайного процесса? Приведите пример неэргодического случайного процесса.
6. Что такое спектральная плотность мощности случайного процесса? Как связана спектральная плотность мощности и корреляционная функция случайного процесса?
7. Если ширина спектральной плотности мощности уменьшается, то интервал временной корреляции уменьшается или увеличивается? Пояснить рисунком.
8. Приведите формулировку теоремы Винера-Хинчина? Для чего необходима теорема Винера-Хинчина
9. Что такое белый шум? Какова спектральная плотность мощности и корреляционная функция спектральной плотности мощности?
10. Как вычисляется мощность случайного процесса ? Чему равна мощность белого шума ? Как зависит мощность ограниченного по полосе шума от полосы ?

Согласована на портале № 73195

11. Что такое узкополосный случайный процесс? Что такое широкополосный случайный процесс? (на рисунке привести примеры реализаций узкополосного и широкополосного процессов.
12. Имеет ли широкополосный процесс огибающую ?
13. Что такое квадратурные составляющие узкополосного случайного процесса?
14. Какова плотность распределения огибающей и фазы смеси узкополосного случайного процесса и гармонического сигнала при малом и большом отношении сигнал/шум?

### 9.1.3. Примерный перечень тем для составления и разработки собственных задач и упражнений

1. Статистические характеристики случайного процесса на выходе линейного детектора.
2. Статистические характеристики случайного процесса на выходе квадратичного детектора.
3. Многомерная плотность гауссовского случайного процесса.
4. Экспериментальная оценка корреляционной функции стационарного случайного процесса.
5. Оптимальная импульсная характеристика линейной системы по критерию минимума среднего квадрата ошибки.

### 9.1.4. Примерный перечень вопросов для защиты лабораторных работ

1. Почему на выходе фильтра низких частот корреляционная функция случайного процесса шире, чем на входе для белого шума?
2. Почему и как изменилась мощность случайного процесса на выходе фильтра низких частот ?
3. Как и почему влияет ширина полосы пропускания фильтра низких частот на статистические характеристики отклика при воздействии стационарного белого шума?
4. Каким законом распределения описывается фаза аддитивной смеси сигнала и шума при большом отношении сигнал/шум ?
5. Каким законом распределения описывается огибающая аддитивной смеси сигнала и шума при большом отношении сигнал/шум ?
6. Как меняется закон распределения огибающей аддитивной смеси сигнала и шума при уменьшении полосы спектральной плотности шума ?

### 9.1.5. Темы лабораторных работ

1. Исследование статистических характеристик узкополосных гауссовских случайных процессов
2. Статистические свойства аддитивной смеси полезного сигнала и узкополосного стационарного гауссовского шума
3. Исследование моментных функций случайного процесса на выходе фильтра низких частот

## 9.2. Методические рекомендации

Учебный материал излагается в форме, предполагающей самостоятельное мышление студентов, самообразование. При этом самостоятельная работа студентов играет решающую роль в ходе всего учебного процесса.

Начать изучение дисциплины необходимо со знакомства с рабочей программой, списком учебно-методического и программного обеспечения. Самостоятельная работа студента включает работу с учебными материалами, выполнение контрольных мероприятий, предусмотренных учебным планом.

В процессе изучения дисциплины для лучшего освоения материала необходимо регулярно обращаться к рекомендуемой литературе и источникам, указанным в учебных материалах; пользоваться через кабинет студента на сайте Университета образовательными ресурсами электронно-библиотечной системы, а также общедоступными интернет-порталами, содержащими научно-популярные и специализированные материалы, посвященные различным аспектам учебной дисциплины.

При самостоятельном изучении тем следуйте рекомендациям:

Согласована на портале № 73195

– чтение или просмотр материала осуществляйте со скоростью, достаточной для индивидуального понимания и освоения материала, выделяя основные идеи; на основании изученного составить тезисы. Освоив материал, попытаться соотнести теорию с примерами из практики;

– если в тексте встречаются незнакомые или малознакомые термины, следует выяснить их значение для понимания дальнейшего материала;

– осмысливайте прочитанное и изученное, отвечайте на предложенные вопросы.

Студенты могут получать индивидуальные консультации, в т.ч. с использованием средств телекоммуникации.

По дисциплине могут проводиться дополнительные занятия, в т.ч. в форме вебинаров. Расписание вебинаров и записи вебинаров публикуются в электронном курсе / электронном журнале по дисциплине.

### 9.3. 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 9.4.

Таблица 9.4 – 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, определяющимися исходя из состояния обучающегося на момент проверки |

### 9.4. 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;

– представление ответов устно.

Процедура оценивания результатов обучения лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах,

Согласована на портале № 73195

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 № 73195

**ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ**

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры РТС
протокол № 5 от « 1 » 12 2022 г.

**СОГЛАСОВАНО:**

| Должность | Инициалы, фамилия | Подпись |
|---|---|---|
| Заведующий выпускающей каф. РТС | А.А. Мещеряков | Согласовано, 5bbb058c-a625-4513-8e7f-25eb16694704 |
| Заведующий обеспечивающей каф. РТС | А.А. Мещеряков | Согласовано, 5bbb058c-a625-4513-8e7f-25eb16694704 |
| И.О. начальника учебного управления | И.А. Лариошина | Согласовано, c3195437-a02f-4972-a7c6-ab6ee1f21e73 |

**ЭКСПЕРТЫ:**

| | | |
|---|---|---|
| Доцент, каф. РТС | В.А. Громов | Согласовано, bbaa5b2b-4c38-484f-a5bb-85f9ddafe277 |
| Старший преподаватель, каф. РТС | Д.О. Ноздреватых | Согласовано, bd0039b0-9c48-4859-9803-60c9ddba7116 |

**РАЗРАБОТАНО:**

| | | |
|---|---|---|
| Доцент, каф. РТС | А.С. Аникин | Разработано, 90a9b589-4503-47e5-999f-a5e10963c1fa |

Согласована на портале № 73195