

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»
(ТУСУР)



УТВЕРЖДАЮ
Директор департамента образования

Документ подписан электронной подписью
Сертификат: 1с6сfa0a-52a6-4f49-aef0-5584d3fd4820
Владелец: Троян Павел Ефимович
Действителен: с 19.01.2016 по 16.09.2019

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

ФОРМИРОВАНИЕ И ОБРАБОТКА СИГНАЛОВ СИСТЕМ СВЯЗИ

Уровень образования: **высшее образование - магистратура**

Направление подготовки / специальность: **11.04.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи**

Направленность (профиль) / специализация: **Оптические системы связи и обработки информации**

Форма обучения: **очная**

Факультет: **Радиотехнический факультет (РТФ)**

Кафедра: **Кафедра сверхвысокочастотной и квантовой радиотехники (СВЧиКР)**

Курс: **1**

Семестр: **1**

Учебный план набора 2019 года

Объем дисциплины и виды учебной деятельности

| Виды учебной деятельности | 1 семестр | Всего | Единицы |
|------------------------------------|-----------|-------|---------|
| Лекционные занятия | 18 | 18 | часов |
| Практические занятия | 18 | 18 | часов |
| Лабораторные занятия | 16 | 16 | часов |
| Самостоятельная работа | 128 | 128 | часов |
| Общая трудоемкость | 180 | 180 | часов |
| (включая промежуточную аттестацию) | 5 | 5 | з.е. |

| Формы промежуточной аттестация | Семестр |
|--------------------------------|---------|
| Зачет с оценкой | 1 |

1. Общие положения

1.1. Цели дисциплины

1. Формирование представлений об особенностях формирования и обработки сигналов в современных и перспективных системах связи.

1.2. Задачи дисциплины

1. Изучение современных методов модуляции.
2. Приобретение навыков компьютерного моделирования систем связи.
3. Овладение навыками чтения справочной документации, в том числе на английском языке.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Блок дисциплин: Б1. Дисциплины (модули).

Индекс дисциплины: Б1.В.05.

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 | | |
| - | - | - |
| Профессиональные компетенции | | |

| | | |
|---|---|--|
| ПКР-1. Способен использовать современные достижения науки и передовые инфокоммуникационные технологии, методы проведения теоретических и экспериментальных исследований в научно-исследовательских работах в области ИКТиСС, ставить задачи исследования, выбирать методы экспериментальной работы с целью совершенствования и созданию новых перспективных инфокоммуникационных систем | ПКР-1.1. Знает технические характеристики и экономические показатели отечественных и зарубежных разработок в области радиоэлектронной техники, действующие нормативные требования и государственные стандарты. | Знать роль модуляции в системах передачи информации. Различие между аналоговой и цифровой модуляцией. Роль формирующих фильтров и влияние межсимвольной интерференции. Смысл спектральной плотности мощности белого шума. |
| | ПКР-1.2. Умеет осуществлять патентный поиск, проводить сбор, анализ и систематизацию научно-исследовательской информации, формулировать цели и задачи научно-исследовательских работ в области создания и проектирования радиоэлектронных устройств и систем. | Уметь на качественном уровне изображать спектральные диаграммы сигналов с модуляциями: амплитудной (АМ), фазовой (ФМ), частотной (ЧМ) и OFDM. |
| | ПКР-1.3. Умеет разрабатывать техническое задание, требования и условия на разработку и проектирование радиоэлектронных устройств и систем. | Уметь читать технические задания, разрабатывать ТЗ по требованиям заказчиков. |
| | ПКР-1.4. Владеет навыками разработки и анализа вариантов создания радиоэлектронного устройства или радиоэлектронной системы на основе синтеза накопленного опыта, изучения литературы и собственной интуиции; прогноза последствий, поиска компромиссных решений в условиях многокритериальности. | Владеть методами компьютерного моделирования современных и перспективных систем связи. |

| | | |
|--|--|---|
| ПКР-4. Способен к обеспечению информационной безопасности системного программного обеспечения инфокоммуникационной системы организации | ПКР-4.1. Знает основы обеспечения информационной безопасности, нормативные правовые акты в области информационной безопасности, системное программное обеспечение, включая знания о типовых уязвимостях. | Знать Базовые методы модуляции: амплитудную (АМ), фазовую (ФМ) и частотную (ЧМ). Спектральный состав сигналов для основных методов модуляции: амплитудной, частотной и фазовой. Особенности ЧМ с непрерывной фазой. Взаимосвязь методов модуляции с классами выходных усилителей мощности. Принципы модуляции множества ортогональных поднесущих (OFDM). Роль OFDM при наличии многолучевости. |
| | ПКР-4.2. Знает регламенты обеспечения информационной безопасности системного программного обеспечения инфокоммуникационной системы организации. | Знать влияние фазового шума на производительность систем связи. Отношение сигнал-шум для цифровых систем связи. Про энергетическую и частотную эффективность систем связи. Принципы синхронизации в системах связи. Петлю Костаса. Детектор Гарднера. Об ухудшении степени однозначности фазы восстановленной несущей с ростом битовой скорости передачи. Принципы расширения спектра сигналов в системах связи. Структурные схемы и особенности трех поколений цифровых систем связи по методам формирования и обработки сигналов: аналоговые, гибридные и цифровые. Схемы автоматической цифровой регулировки усиления. |
| | ПКР-4.3. Умеет осуществлять сбор и анализ исходных данных для обеспечения информационной безопасности системного программного обеспечения. | Уметь вычислять спектральную плотность мощности по заданной функции корреляции цифрового потока. Определять уровень боковых лепестков в спектре сигнала. |
| | ПКР-4.4. Умеет применять программно-аппаратные средства защиты информации. | Уметь анализировать "глазковые" диаграммы и сигнальные созвездия. Выбирать класс выходного усилителя мощности исходя из вида модуляции. |
| | ПКР-4.5. Владеет навыками установки и настройки аппаратно-программных средств защиты системного программного обеспечения. | Владеть элементами проектирования современных и перспективных систем связи. |

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

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц, 180 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 |
|---|-------------|-----------|
| | | 1 семестр |
| Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего | 52 | 52 |
| Лекционные занятия | 18 | 18 |
| Практические занятия | 18 | 18 |
| Лабораторные занятия | 16 | 16 |
| Самостоятельная работа обучающихся, в т.ч. контактная внеаудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего | 128 | 128 |
| Подготовка к тестированию | 54 | 54 |
| Подготовка к лабораторной работе, написание отчета | 38 | 38 |
| Подготовка к зачету с оценкой | 36 | 36 |
| Общая трудоемкость (в часах) | 180 | 180 |
| Общая трудоемкость (в з.е.) | 5 | 5 |

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 |
|--|--------------|---------------|-----------|--------------|----------------------------|-------------------------|
| 1 семестр | | | | | | |
| 1 Модуляция. Спектральный состав. | 2 | 4 | 4 | 20 | 30 | ПКР-1, ПКР-4 |
| 2 Формирующий фильтр. Его роль. | 2 | 2 | 4 | 20 | 28 | ПКР-1, ПКР-4 |
| 3 Согласованный фильтр. Его роль. | 2 | 2 | 4 | 20 | 28 | ПКР-1, ПКР-4 |
| 4 Частотная и энергетическая эффективность систем связи. | 2 | 2 | - | 10 | 14 | ПКР-1, ПКР-4 |
| 5 Принципы синхронизации в системах связи. | 2 | - | - | 10 | 12 | ПКР-1, ПКР-4 |
| 6 Принципы расширения спектра сигналов в системах связи. | 2 | 4 | - | 10 | 16 | ПКР-1, ПКР-4 |
| 7 Частотная манипуляция с непрерывной фазой. | 2 | - | 4 | 18 | 24 | ПКР-1, ПКР-4 |
| 8 Принципы модуляции OFDM. | 2 | 4 | - | 10 | 16 | ПКР-1, ПКР-4 |
| 9 Принципы MIMO. | 2 | - | - | 10 | 12 | ПКР-1, ПКР-4 |
| Итого за семестр | 18 | 18 | 16 | 128 | 180 | |

| | | | | | | |
|-------|----|----|----|-----|-----|--|
| Итого | 18 | 18 | 16 | 128 | 180 | |
|-------|----|----|----|-----|-----|--|

5.2. Содержание разделов (тем) дисциплины

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

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 |
|------------------------------------|---|--------------------------------------|-------------------------|
| 1 семестр | | | |
| 1 Модуляция. Спектральный состав. | Роль модуляции в системах передачи информации. Различие аналоговой и цифровой модуляции. Требования к спектрам сигналов в современных системах передачи информации. Тепловой шум. Спектральная плотность мощности сигнала. Спектры сигналов с АМ, ФМ, ЧМ и OFDM модуляциями. Три поколения цифровых систем связи: аналоговые, гибридные и цифровые. | 2 | ПКР-1, ПКР-4 |
| | Итого | 2 | |
| 2 Формирующий фильтр. Его роль. | Спектральная плотность случайной последовательности импульсов прямоугольной формы. Скорость спада мощности в зависимости от частоты. Необходимость сглаживания фронтов импульсов. Фильтр "приподнятого" косинуса. Особенности реализации фильтра в цифровом виде: влияние на формируемый спектр факторов дискретности и ограниченности по времени импульсной характеристики; влияние цифро-аналогового преобразователя. | 2 | ПКР-1, ПКР-4 |
| | Итого | 2 | |

| | | | |
|--|--|---|--------------|
| 3 Согласованный фильтр. Его роль. | Тепловой шум как ограничитель производительности систем связи.Согласованный фильтр как фильтр, доставляющий максимум отношению сигнал-шум при наличии аддитивного белого шума.Необходимость согласования амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) формирующего фильтра с АЧХ согласованного.Фильтр "корень" из "приподнятого" косинуса. | 2 | ПКР-1, ПКР-4 |
| | Итого | 2 | |
| 4 Частотная и энергетическая эффективность систем связи. | Связь между "аналоговым" и "цифровым" отношениями сигнал-шум.Нормированная пропускная способность канала.Скорость кодирования.Теорема Шеннона, ее иллюстрация.Предел Шеннона, предел двоичного канала связи: жесткие решения и мягкие решения. | 2 | ПКР-1, ПКР-4 |
| | Итого | 2 | |
| 5 Принципы синхронизации в системах связи. | Когерентность при приеме и обработке сигнала.Восстановление несущей частоты.Петля Костаса.Восстановление тактовых импульсов.Детектор Гарднера. | 2 | ПКР-1, ПКР-4 |
| | Итого | 2 | |
| 6 Принципы расширения спектра сигналов в системах связи. | Достоинства сигналов с расширенным спектром.Псевдослучайные последовательности (М-последовательности).Коды Голда. | 2 | ПКР-1, ПКР-4 |
| | Итого | 2 | |
| 7 Частотная манипуляция с непрерывной фазой. | Принцип работы ЧМ с НПФ. Частотная модуляция с непрерывной фазой (CPFSK). | 2 | ПКР-1, ПКР-4 |
| | Итого | 2 | |

| | | | |
|----------------------------|---|----|--------------|
| 8 Принципы модуляции OFDM. | Иллюстрация недостатка частотного разделения каналов. Иллюстрация ортогональности несущих при выполнении операции дискретного преобразования Фурье (ДПФ). Необходимость циклического префикса для снижения вредного влияния многолучевости. Параметры модуляции OFDM в системах связи 4G LTE. Структурные схемы передатчика и приемника с OFDM. | 2 | ПКР-1, ПКР-4 |
| | Итого | 2 | |
| 9 Принципы MIMO. | Классификация MIMO: SISO (классический вариант), SIMO (разнесенный прием), MISO (разнесенная передача), SU-MIMO (однопользовательское пространственное уплотнение), MU-MIMO (многопользовательское пространственное уплотнение). Структурные схемы MIMO согласно классификации. | 2 | ПКР-1, ПКР-4 |
| | Итого | 2 | |
| Итого за семестр | | 18 | |
| Итого | | 18 | |

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 |
|------------------------------------|---|-----------------|-------------------------|
| 1 семестр | | | |

| | | | |
|--------------------------------------|--|---|--------------|
| 1 Модуляция. Спектральный состав. | Расчет спектральной плотности импульсов треугольной формы на основе известной спектральной плотности импульсов прямоугольной формы. Расчет корреляционных функций для некоторых видов модуляции: с линейным преобразованием битов (сумма и разность), с чередованием полярности (АМІ, ЧПИ), с циклическим преобразованием (MLT3). Расчет спектральных плотностей по корреляционным функциям. Построение соответствующих графиков, их анализ. | 4 | ПКР-1, ПКР-4 |
| | Итого | 4 | |
| 2 Формирующий фильтр. Его роль. | Вычисление предельных значений частотной характеристики (ЧХ) фильтра "приподнятого" косинуса для особенных частот. Построение "от руки" графиков амплитудной ЧХ и импульсной характеристики (ИХ) фильтра. Расчет на компьютере с помощью дискретного преобразования Фурье амплитудной ЧХ фильтра по дискретной и финитной ИХ фильтра. Построение "от руки" отклика формирующего фильтра (до цифро-аналогового преобразователя) на заданную битовую последовательность. | 2 | ПКР-1, ПКР-4 |
| | Итого | 2 | |

| | | | |
|--|---|---|--------------|
| 3 Согласованный фильтр. Его роль. | Расчет предельных значений частотной характеристики (ЧХ) фильтра типа "корень" из "приподнятого" косинуса для особенных частот с помощью программы компьютерной алгебры SymPy. Построение "от руки" графиков амплитудной ЧХ и импульсной характеристики (ИХ) фильтра. Расчет на компьютере с помощью дискретного преобразования Фурье амплитудной ЧХ фильтра по дискретной и финитной ИХ фильтра. Построение "от руки" отклика согласованного фильтра (в цифровом виде) на заданный входной сигнал. | 2 | ПКР-1, ПКР-4 |
| Итого | | 2 | |
| 4 Частотная и энергетическая эффективность систем связи. | Построение с помощью компьютера графиков зависимости предельной энергетической эффективности кода (дБ) от скорости кодирования (от 0 до 1) для двоичной модуляции (жесткие решения и мягкие решения) и при отсутствии модуляции как таковой. Иллюстрация с помощью компьютера предельного энергетического выигрыша от кодирования. | 2 | ПКР-1, ПКР-4 |
| Итого | | 2 | |
| 6 Принципы расширения спектра сигналов в системах связи. | Генерация псевдослучайных последовательностей (М-последовательностей) с помощью цифровых фильтров. Свойства М-последовательностей. Коды Голда. Расчет полосы частот систем с расширенным спектром. | 4 | ПКР-1, ПКР-4 |
| Итого | | 4 | |

| | | | |
|----------------------------|---|----|--------------|
| 8 Принципы модуляции OFDM. | Детальная "от руки" прорисовка сигнала с OFDM для малого числа несущих: отрисовка отдельных несущих и результата их суммирования. Компьютерное моделирование сигнала с OFDM с помощью дискретного преобразования Фурье. Обсуждение особенностей такого сигнала. Моделирование эффекта от многолучевости для двух лучей. Вставка циклического префикса; обсуждение положительного эффекта. | 4 | ПКР-1, ПКР-4 |
| | Итого | 4 | |
| Итого за семестр | | 18 | |
| Итого | | 18 | |

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 |
|------------------------------------|--|-----------------|-------------------------|
| 1 семестр | | | |
| 1 Модуляция. Спектральный состав. | Изучение спектров сигналов с линейной модуляцией. Показывается влияние формы импульса-носителя и функции корреляции битовой последовательности на спектр формируемого сигнала. | 4 | ПКР-1, ПКР-4 |
| | Итого | 4 | |
| 2 Формирующий фильтр. Его роль. | В системе Matlab изучается формирующий фильтр "приподнятого" косинуса. | 4 | ПКР-1, ПКР-4 |
| | Итого | 4 | |
| 3 Согласованный фильтр. Его роль. | В системе Matlab изучается согласованный фильтр "корень" из "приподнятого" косинуса. | 4 | ПКР-1, ПКР-4 |
| | Итого | 4 | |

| | | | |
|--|--|----|--------------|
| 7 Частотная манипуляция с непрерывной фазой. | Изучение Simulink-модели некогерентного демодулятора частотно-манипулированного сигнала с непрерывной фазой. | 4 | ПКР-1, ПКР-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 |
|--|--|-----------------|-------------------------|---------------------|
| 1 семестр | | | | |
| 1 Модуляция. Спектральный состав. | Подготовка к тестированию | 6 | ПКР-1, ПКР-4 | Тестирование |
| | Подготовка к лабораторной работе, написание отчета | 10 | ПКР-1, ПКР-4 | Лабораторная работа |
| | Подготовка к зачету с оценкой | 4 | ПКР-1, ПКР-4 | Зачёт с оценкой |
| | Итого | 20 | | |
| 2 Формирующий фильтр. Его роль. | Подготовка к тестированию | 6 | ПКР-1, ПКР-4 | Тестирование |
| | Подготовка к лабораторной работе, написание отчета | 10 | ПКР-1, ПКР-4 | Лабораторная работа |
| | Подготовка к зачету с оценкой | 4 | ПКР-1, ПКР-4 | Зачёт с оценкой |
| | Итого | 20 | | |
| 3 Согласованный фильтр. Его роль. | Подготовка к тестированию | 6 | ПКР-1, ПКР-4 | Тестирование |
| | Подготовка к лабораторной работе, написание отчета | 10 | ПКР-1, ПКР-4 | Лабораторная работа |
| | Подготовка к зачету с оценкой | 4 | ПКР-1, ПКР-4 | Зачёт с оценкой |
| | Итого | 20 | | |
| 4 Частотная и энергетическая эффективность систем связи. | Подготовка к тестированию | 6 | ПКР-1, ПКР-4 | Тестирование |
| | Подготовка к зачету с оценкой | 4 | ПКР-1, ПКР-4 | Зачёт с оценкой |
| | Итого | 10 | | |

| | | | | |
|--|--|-----|--------------|---------------------|
| 5 Принципы синхронизации в системах связи. | Подготовка к тестированию | 6 | ПКР-1, ПКР-4 | Тестирование |
| | Подготовка к зачету с оценкой | 4 | ПКР-1, ПКР-4 | Зачёт с оценкой |
| | Итого | 10 | | |
| 6 Принципы расширения спектра сигналов в системах связи. | Подготовка к тестированию | 6 | ПКР-1, ПКР-4 | Тестирование |
| | Подготовка к зачету с оценкой | 4 | ПКР-1, ПКР-4 | Зачёт с оценкой |
| | Итого | 10 | | |
| 7 Частотная манипуляция с непрерывной фазой. | Подготовка к тестированию | 6 | ПКР-1, ПКР-4 | Тестирование |
| | Подготовка к лабораторной работе, написание отчета | 8 | ПКР-1, ПКР-4 | Лабораторная работа |
| | Подготовка к зачету с оценкой | 4 | ПКР-1, ПКР-4 | Зачёт с оценкой |
| | Итого | 18 | | |
| 8 Принципы модуляции OFDM. | Подготовка к тестированию | 6 | ПКР-1, ПКР-4 | Тестирование |
| | Подготовка к зачету с оценкой | 4 | ПКР-1, ПКР-4 | Зачёт с оценкой |
| | Итого | 10 | | |
| 9 Принципы ММО. | Подготовка к тестированию | 6 | ПКР-1, ПКР-4 | Тестирование |
| | Подготовка к зачету с оценкой | 4 | ПКР-1, ПКР-4 | Зачёт с оценкой |
| | Итого | 10 | | |
| Итого за семестр | | 128 | | |
| Итого | | 128 | | |

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. | |
| ПКР-1 | + | + | + | + | Зачёт с оценкой, Лабораторная работа, Тестирование |
| ПКР-4 | + | + | + | + | Зачёт с оценкой, 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 |
|--------------------------|--|---|---|------------------|
| 1 семестр | | | | |
| Зачёт с оценкой | 0 | 0 | 30 | 30 |
| Лабораторная работа | 10 | 10 | 20 | 40 |
| Тестирование | 10 | 10 | 10 | 30 |
| Итого максимум за период | 20 | 20 | 60 | 100 |
| Нарастающим итогом | 20 | 40 | 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 | E (посредственно) |
| | 60 – 64 | |
| 2 (неудовлетворительно) (не зачтено) | Ниже 60 баллов | F (неудовлетворительно) |

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

7.1. Основная литература

1. Демодуляция цифровых сигналов. Статистический и сигнальный подходы: Учебное пособие / А. В. Новиков - 2018. 51 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/7150>.

2. Основы построения инфокоммуникационных систем и сетей: Учебное пособие / А. В. Пуговкин - 2022. 128 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/9600>.

7.2. Дополнительная литература

1. Цифровые системы передачи: Учебное пособие / В. М. Винокуров - 2012. 160 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/1408>.

2. Демодуляция бинарных цифровых сигналов. Сигнальный подход: Учебное пособие / А. В. Новиков - 2016. 52 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/6322>.

7.3. Учебно-методические пособия

7.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Исследование амплитудных спектров сигналов с импульсной модуляцией в программной среде Simulink: Методические указания к лабораторным работам / А. В. Новиков, С. Г. Рысбеков - 2018. 31 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/7693>.

2. Сборник компьютерных лабораторных работ по системам связи: Методические указания к лабораторным работам / А. В. Новиков - 2018. 151 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/7149>.

3. Вероятность битовой ошибки при дифференциальном декодировании: Учебно-методическое пособие для проведения практических занятий и самостоятельной работы / А. В. Новиков - 2019. 21 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/9007>.

4. Исследование кодов Рида-Соломона: Методические указания к лабораторной работе по системам связи / А. В. Новиков, Д. Д. Утегенов - 2018. 10 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/7361>.

5. Сборник электронных лабораторных работ по системам связи: Учебно-методическое пособие для выполнения лабораторных работ и самостоятельной работы / А. В. Новиков - 2017. 158 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/6888>.

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>.

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:

- 7-Zip;
- Adobe Acrobat Reader;
- Google Chrome;
- LibreOffice;
- Microsoft PowerPoint Viewer;
- Microsoft Windows 7 Pro;
- Mozilla Firefox;
- OpenOffice;
- Opera;
- 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:

- 7-Zip;
- Adobe Acrobat Reader;
- Google Chrome;
- LibreOffice;
- Microsoft PowerPoint Viewer;
- Microsoft Visual Studio;
- Mozilla Firefox;
- OpenOffice;
- Opera;
- 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, 201 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 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 Модуляция. Спектральный состав. | ПКР-1, ПКР-4 | Зачёт с оценкой | Перечень вопросов для зачета с оценкой |
| | | Лабораторная работа | Темы лабораторных работ |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |

| | | | |
|--|--------------|---------------------|--|
| 2 Формирующий фильтр. Его роль. | ПКР-1, ПКР-4 | Зачёт с оценкой | Перечень вопросов для зачета с оценкой |
| | | Лабораторная работа | Темы лабораторных работ |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| 3 Согласованный фильтр. Его роль. | ПКР-1, ПКР-4 | Зачёт с оценкой | Перечень вопросов для зачета с оценкой |
| | | Лабораторная работа | Темы лабораторных работ |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| 4 Частотная и энергетическая эффективность систем связи. | ПКР-1, ПКР-4 | Зачёт с оценкой | Перечень вопросов для зачета с оценкой |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| 5 Принципы синхронизации в системах связи. | ПКР-1, ПКР-4 | Зачёт с оценкой | Перечень вопросов для зачета с оценкой |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| 6 Принципы расширения спектра сигналов в системах связи. | ПКР-1, ПКР-4 | Зачёт с оценкой | Перечень вопросов для зачета с оценкой |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| 7 Частотная манипуляция с непрерывной фазой. | ПКР-1, ПКР-4 | Зачёт с оценкой | Перечень вопросов для зачета с оценкой |
| | | Лабораторная работа | Темы лабораторных работ |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| 8 Принципы модуляции OFDM. | ПКР-1, ПКР-4 | Зачёт с оценкой | Перечень вопросов для зачета с оценкой |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| 9 Принципы MIMO. | ПКР-1, ПКР-4 | Зачёт с оценкой | Перечень вопросов для зачета с оценкой |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |

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 |
| | | | | |

| | | | | |
|----------------------------|--|---|---|--|
| 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 или 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. Согласованный фильтр обеспечивает:
 - Минимально короткий по времени отклик на своем выходе
 - Максимальное отношение сигнал-шум на своем выходе в определенный момент

- времени, при условии, что шум — белый
- Снятие закона модуляции (демодуляцию)
- Максимум шенноновской информации на своем выходе
- 2. Формирующий фильтр обеспечивает:
 - Формирование квадратурных сигналов с заданной формой спектральной плотности
 - Формирование узкополосного сигнала на некоторой несущей частоте
 - Формирование ортогональных по времени квадратурных сигналов
 - Формирование тактовых импульсов для символьной синхронизации
- 3. Согласованный фильтр является:
 - Линейным фильтром с постоянными параметрами
 - Нелинейным фильтром с постоянными параметрами
 - Линейным фильтром с переменными параметрами
 - Нелинейным фильтром с переменными параметрами
- 4. Формирующий фильтр является:
 - Линейным фильтром с постоянными параметрами
 - Нелинейным фильтром с постоянными параметрами
 - Линейным фильтром с переменными параметрами
 - Нелинейным фильтром с переменными параметрами
- 5. Параметр Roll-off factor формирующего фильтра типа "приподнятый" косинус позволяет:
 - Изменить уровень межсимвольной интерференции на своем выходе
 - Изменить ширину спектра формируемого сигнала
 - Изменить скорость спада мощности вне основной полосы формируемого сигнала
 - Изменить амплитуду формируемого сигнала
- 6. Межсимвольная интерференция — это:
 - Когда время прихода импульса является случайной величиной с ненулевой дисперсией
 - Когда импульс влияет на соседние импульсы, накладываясь на них своими "хвостами"
 - Когда длительность импульса является случайной величиной с ненулевой дисперсией
 - Процесс формирования группового сигнала в системах с кодовым разделением каналов
- 7. Межсимвольная интерференция является:
 - Вредной
 - Полезной
 - Зависит от способа формирования сигнала
 - Нейтральной
- 8. Согласованный фильтр, бывает, заменяют:
 - Фильтром нижних частот
 - Коррелятором
 - Коррелятором с фильтром нижних частот
 - Фильтром верхних частот
- 9. Коррелятор — это устройство, которое вычисляет:
 - Интеграл по времени от входного сигнала
 - Произведение опорного сигнала и входного
 - Интеграл по времени от произведения опорного сигнала и входного
 - Свертку опорного сигнала с входным
- 10. Когерентный прием обязательно включает в себя:
 - Амплитудный детектор
 - Схему выделения сигнала "пилот-тон"
 - Контур фазовой автоподстройки частоты
 - Процесс формирования опорного колебания с точностью до фазы для последующего снятия закона модуляции

9.1.2. Перечень вопросов для зачета с оценкой

1. Роль модуляции в системах передачи информации.
2. Различие аналоговой и цифровой модуляции.
3. Требования к спектрам сигналов в современных системах передачи информации.
4. Тепловой шум.
5. Спектральная плотность мощности сигнала.
6. Спектры сигналов с АМ, ФМ, ЧМ и OFDM модуляциями.

7. Три поколения цифровых систем связи: аналоговые, гибридные и цифровые.
8. Спектральная плотность случайной последовательности импульсов прямоугольной формы.
9. Скорость спада мощности в зависимости от частоты.
10. Необходимость сглаживания фронтов импульсов.
11. Фильтр "приподнятого" косинуса.
12. Особенности реализации фильтра в цифровом виде: влияние на формируемый спектр факторов дискретности и ограниченности по времени импульсной характеристики; влияние цифро-аналогового преобразователя.

9.1.3. Темы лабораторных работ

1. Изучение спектров сигналов с линейной модуляцией. Показывается влияние формы импульса-носителя и функции корреляции битовой последовательности на спектр формируемого сигнала.
2. В системе Matlab изучается формирующий фильтр "приподнятого" косинуса.
3. В системе Matlab изучается согласованный фильтр "корень" из "приподнятого" косинуса.
4. Изучение Simulink-модели некогерентного демодулятора частотно-манипулированного сигнала с непрерывной фазой.

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:

- 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 9.2.

Таблица 9.2 – 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, 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.

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры РТС
протокол № 4 от «16» 11 2018 г.

СОГЛАСОВАНО:

| Должность | Инициалы, фамилия | Подпись |
|------------------------------------|-------------------|--|
| Заведующий выпускающей каф. СВЧиКР | С.Н. Шарангович | Согласовано, b7d1ae21-2df2-4bc3- 9352-43aa04a5b956 |
| Заведующий обеспечивающей каф. РТС | С.В. Мелихов | Согласовано, 385c9e7d-2407-461d- 8604-80cee7018227 |
| Начальник учебного управления | Е.В. Саврук | Согласовано, fa63922b-1fce-4aba- 845d-9ce7670b004c |

ЭКСПЕРТЫ:

| | | |
|---------------------------------|------------------|--|
| Доцент, каф. СВЧиКР | А.С. Перин | Согласовано, a0f1668d-d020-4ff4- 9a8a-4ff4e15b36fe |
| Старший преподаватель, каф. РТС | Д.О. Ноздреватых | Согласовано, bd0039b0-9c48-4859- 9803-60c9ddba7116 |

РАЗРАБОТАНО:

| | | |
|---------------------------------|------------------|--|
| Профессор, каф. РТС | С.В. Мелихов | Разработано, 385c9e7d-2407-461d- 8604-80cee7018227 |
| Старший преподаватель, каф. РТС | Д.О. Ноздреватых | Разработано, bd0039b0-9c48-4859- 9803-60c9ddba7116 |