

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

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



УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе

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 УЧЕБНОЙ 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): **Радиоэлектронные системы передачи информации**

Форма обучения: **очная**

Факультет: **РТФ, Радиотехнический факультет**

Кафедра: **РТС, Кафедра радиотехнических систем**

Курс: **1**

Семестр: **1**

Учебный план набора 2015 года

Распределение рабочего времени

| № | Виды учебной деятельности | 1 семестр | Всего | Единицы |
|---|-----------------------------|-----------|-------|---------|
| 1 | Лекции | 18 | 18 | часов |
| 2 | Практические занятия | 26 | 26 | часов |
| 3 | Лабораторные занятия | 16 | 16 | часов |
| 4 | Всего аудиторных занятий | 60 | 60 | часов |
| 5 | Самостоятельная работа | 84 | 84 | часов |
| 6 | Всего (без экзамена) | 144 | 144 | часов |
| 7 | Подготовка и сдача экзамена | 36 | 36 | часов |
| 8 | Общая трудоемкость | 180 | 180 | часов |
| | | 5.0 | 5.0 | 3.Е |

Экзамен: 1 семестр

Томск 2016

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЙ

Рабочая программа составлена с учетом требований Федерального Государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки (специальности) 11.04.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи, утвержденного «___» _____ 20__ года, рассмотрена и утверждена на заседании кафедры «___» _____ 20__ года, протокол № _____.

Разработчики:

доцент кафедры каф. РТС _____ Новиков А. В.

Заведующий обеспечивающей каф.
РТС

_____ Мелихов С. В.

Рабочая программа согласована с факультетом, профилирующей и выпускающей кафедрами направления подготовки (специальности).

Декан РТФ _____ Попова К. Ю.

Заведующий выпускающей каф.
РТС

_____ Мелихов С. В.

Эксперты:

доцент кафедры каф. ТОР _____ Богомолов С. И.

1. Цели и задачи дисциплины

1.1. Цели дисциплины

Целью преподавания дисциплины «Формирование и обработка сигналов систем связи» является изучение современных способов манипуляции.

1.2. Задачи дисциплины

- Основной задачей дисциплины является формирование у студентов компетенций, позволяющих самостоятельно проводить анализ других современных способов манипуляции.;
- В результате изучения дисциплины у студентов должны сформироваться знания, умения и навыки, позволяющие учитывать современные тенденции развития цифровой связи.;

2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Формирование и обработка сигналов систем связи» (М1.В.3) относится к блоку М1.В.3.

Предшествующими дисциплинами, формирующими начальные знания, являются следующие дисциплины: Цифровая обработка сигналов систем связи, Моделирование устройств и систем связи.

Последующими дисциплинами являются: Теория и техника передачи информации, Стандарты и технологии мобильной связи.

3. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

- ОПК-3 способностью осваивать современные и перспективные направления развития ИКТиСС;
- ОПК-4 способностью реализовывать новые принципы построения инфокоммуникационных систем и сетей различных типов передачи, распределения, обработки и хранения информации;
- ПК-8 готовностью использовать современные достижения науки и передовые инфокоммуникационные технологии, методы проведения теоретических и экспериментальных исследований в научно-исследовательских работах в области ИКТиСС;

В результате изучения дисциплины студент должен:

- **знать** Вероятностные принципы цифровой связи (символы, алфавит, кодовые слова). Векторные модели видео- и радиосигналов. Модель теплового шума в виде белого гауссового шума. Способы расчета вероятности ошибки для разных моделей каналов связи (каналы без памяти, с памятью, со стиранием символов, без стирания). Спектральные характеристики сигналов с линейной модуляцией. Основы корреляционного приема на фоне белого гауссового шума. Основные виды манипуляции несущей (АМ, ФМ, ЧМ) и способы когерентной, некогерентной и частично-когерентной демодуляции. Основные виды кодирования видеосигналов (NRZ, AMI, MLT-3, NRZI, Манчестерский код).
- **уметь** Вычислять числовые характеристики случайных величин (например, среднюю мощность случайного сигнала с многоуровневой АМ). Оценивать полосу частот видеосигналов с линейной модуляцией. Анализировать векторную диаграмму измеряемого радиосигнала. Определять требуемую частоту дискретизации для заданного сигнала. Оценивать отношение сигнал-шум для заданных условий (тип сигнала, полоса обрабатываемых частот, модель МШУ и т. п.). Составлять формулы для вероятностей ошибки после декодирования (код Грея, дифференциальный код, помехоустойчивые коды) для заданного канала связи. Вычислять (по таблицам, а также с помощью ЭВМ) вероятности символьной ошибки для простых АМ, ЧМ и ФМ демодуляторов, а также сложных (КАМ-М). Находить причинно-следственные связи в решаемых задачах для составления левой и правой части уравнений.
- **владеть** Способами постановки и решения вероятностных радиотехнических задач применительно к системам связи.

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5.0 зачетных единицы и представлена в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины

| № | Виды учебной деятельности | 1 семестр | Всего | Единицы |
|---|-----------------------------|-----------|-------|---------|
| 1 | Лекции | 18 | 18 | часов |
| 2 | Практические занятия | 26 | 26 | часов |
| 3 | Лабораторные занятия | 16 | 16 | часов |
| 4 | Всего аудиторных занятий | 60 | 60 | часов |
| 5 | Самостоятельная работа | 84 | 84 | часов |
| 6 | Всего (без экзамена) | 144 | 144 | часов |
| 7 | Подготовка и сдача экзамена | 36 | 36 | часов |
| 8 | Общая трудоемкость | 180 | 180 | часов |
| | | 5.0 | 5.0 | 3.Е |

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 | Лекции | Практические занятия | Лабораторные работы | Самостоятельная работа | Всего часов (без экзамена) | Формируемые компетенции |
|---|--|--------|----------------------|---------------------|------------------------|-------------------------------|-------------------------|
| 1 | Дифференциальная бинарная фазовая манипуляция (DBPSK). | 2 | 4 | 4 | 10 | 20 | ОПК-3, ОПК-4, ПК-8 |
| 2 | Квадратурная фазовая манипуляция (QPSK). QPSK со смещением (OQPSK). | 3 | 3 | 0 | 7 | 13 | ОПК-3, ОПК-4 |
| 3 | Дифференциальная квадратурная фазовая манипуляция (DQPSK). | 2 | 2 | 0 | 6 | 10 | ОПК-3, ОПК-4 |
| 4 | Частотная манипуляция (FSK). Манипуляция с минимальным сдвигом (MSK). | 2 | 3 | 0 | 8 | 13 | ОПК-3, ОПК-4 |
| 5 | Гауссовская манипуляция с минимальным сдвигом (GMSK). | 1 | 2 | 0 | 9 | 12 | ОПК-3, ОПК-4 |
| 6 | Квадратурная амплитудная модуляция (QAM). | 2 | 4 | 0 | 12 | 18 | ОПК-3, ОПК-4 |
| 7 | Формирующий фильтр на примере фильтра Найквиста. Согласованный фильтр. | 4 | 4 | 8 | 22 | 38 | ОПК-3, ОПК-4, ПК-8 |
| 8 | Спектры сигналов с линейной модуляцией. | 2 | 4 | 4 | 10 | 20 | ОПК-3, ОПК-4, ПК-8 |
| | Итого | 18 | 26 | 16 | 84 | 144 | |

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 |
|--|---|-----------------|-------------------------|
| 1 семестр | | | |
| 1 Дифференциальная бинарная фазовая манипуляция (DBPSK). | Передатчик DBPSK-радиосигнала. Когерентная демодуляция DBPSK-радиосигнала. Блок восстановления несущей частоты. Фазовая неоднозначность восстановления несущей. Блок восстановления тактовой частоты. Некогерентная демодуляция DBPSK-радиосигнала. | 2 | ОПК-3 |
| | Итого | 2 | |
| 2 Квадратурная фазовая манипуляция (QPSK). QPSK со смещением (OQPSK). | QPSK-модулятор. OQPSK-модулятор. Когерентный демодулятор. Блок восстановления несущей частоты. Фазовая неоднозначность при демодуляции. | 3 | ОПК-3 |
| | Итого | 3 | |
| 3 Дифференциальная квадратурная фазовая манипуляция (DQPSK). | DQPSK-модулятор. Когерентный и некогерентный DQPSK-демодуляторы. | 2 | ОПК-3 |
| | Итого | 2 | |
| 4 Частотная манипуляция (FSK). Манипуляция с минимальным сдвигом (MSK). | Полоса FSK-радиосигнала. Индекс модуляции. Индекс модуляции для MSK (когерентный и некогерентный случаи). | 2 | ОПК-3 |
| | Итого | 2 | |
| 5 Гауссовская манипуляция с минимальным сдвигом (GMSK). | Формирующий фильтр GMSK-модулятора. Спектр GMSK-радиосигнала. | 1 | ОПК-3 |
| | Итого | 1 | |
| 6 Квадратурная амплитудная модуляция (QAM). | QAM-модулятор. Созвездие QAM-16. Вероятность символьной и битовой ошибки. Энергия сигнала на один бит. | 2 | ОПК-3 |
| | Итого | 2 | |
| 7 Формирующий фильтр на примере фильтра Найквиста. Согласованный фильтр. | Импульсная и частотная характеристики фильтра Найквиста. Спектр сформированного сигнала. Согласованный фильтр. Реализация фильтров в цифровой форме. | 4 | ОПК-3 |
| | Итого | 4 | |
| 8 Спектры сигналов с линейной | Импульсы-носители и их спектр | 2 | ОПК-3 |

| | | | |
|------------------|--|----|--|
| модуляцией. | (прямоугольный, косинус на пьедестале, треугольный импульс). Случайная последовательность цифр, функция автокорреляции и спектр плотности мощности сигнала с дельта-носителем. Спектр плотности мощности цифрового сигнала с выбранным носителем. | | |
| | Итого | 2 | |
| Итого за семестр | | 18 | |

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 | |
| Предшествующие дисциплины | | | | | | | | | | |
| 1 | Цифровая обработка сигналов систем связи | | | | | | | | + | |
| 2 | Моделирование устройств и систем связи | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| Последующие дисциплины | | | | | | | | | | |
| 1 | Теория и техника передачи информации | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| 2 | Стандарты и технологии мобильной связи | + | + | + | + | + | + | + | + | + |

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 и видов занятий, формируемых при изучении дисциплины

| Компетенции | Виды занятий | | | | Формы контроля |
|-------------|--------------|----------------------|----------------------|------------------------|--|
| | Лекции | Практические занятия | Лабораторные занятия | Самостоятельная работа | |
| ОПК-3 | + | | | + | Контрольная работа, Отчет по индивидуальному заданию, Экзамен, Опрос на занятиях |

| | | | | | |
|-------|--|---|---|---|--|
| ОПК-4 | | + | + | + | Контрольная работа, Домашнее задание, Отчет по индивидуальному заданию, Отчет по лабораторной работе, Компонент своевременности, Опрос на занятиях |
| ПК-8 | | | + | + | Отчет по лабораторной работе, Компонент своевременности |

6. Интерактивные методы и формы организации обучения

Не предусмотрено РУП

7. Лабораторный практикум

Содержание лабораторных работ приведено в таблице 7.1.

Таблица 7. 1 – Содержание лабораторных работ

| Названия разделов | Содержание лабораторных работ | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции |
|--|--|-----------------|-------------------------|
| 1 семестр | | | |
| 1 Дифференциальная бинарная фазовая манипуляция (DBPSK). | Статистика дифференциального кодера по модулю два. | 4 | ОПК-4, ПК-8 |
| | Итого | 4 | |
| 7 Формирующий фильтр на примере фильтра Найквиста. Согласованный фильтр. | Формирующий фильтр | 4 | ОПК-4, ПК-8 |
| | Согласованный фильтр. | 4 | |
| | Итого | 8 | |
| 8 Спектры сигналов с линейной модуляцией. | Спектры сигналов с линейной модуляцией. | 4 | ОПК-4, ПК-8 |
| | Итого | 4 | |
| Итого за семестр | | 16 | |

8. Практические занятия

Содержание практических работ приведено в таблице 8.1.

Таблица 8. 1 – Содержание практических работ

| Названия разделов | Содержание практических занятий | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции |
|--|---|-----------------|-------------------------|
| 1 семестр | | | |
| 1 Дифференциальная бинарная фазовая манипуляция (DBPSK). | Векторная модуль DBPSK-сигнала. Дифференциальный кодер и декодер и его статистика. Средняя энергия на один бит. Расчет битовой вероятности ошибки для заданного отношения | 4 | ОПК-4 |

| | | | |
|--|---|---|-------|
| | сигнал-шум. | | |
| | Итого | 4 | |
| 2 Квадратурная фазовая манипуляция (QPSK). QPSK со смещением (OQPSK). | Векторная диаграмма QPSK-сигнала. Код Грея. Вероятность битовой ошибки в зависимости от символической. Средняя энергия на один бит. Расчет битовой вероятности ошибки для заданного отношения сигнал-шум. | 3 | ОПК-4 |
| | Итого | 3 | |
| 3 Дифференциальная квадратурная фазовая манипуляция (DQPSK). | Делитель частоты на четыре. Математически удобная интерпретация дибитов 00, 01, 10 и 11 как целых чисел 0, 1, 2, 3. Дифференциальный кодер и декодер по модулю четыре и его статистика. | 2 | ОПК-4 |
| | Итого | 2 | |
| 4 Частотная манипуляция (FSK). Манипуляция с минимальным сдвигом (MSK). | Построение осциллограмм для схемы формирования MSK сигналов на основе OQPSK. | 3 | ОПК-4 |
| | Итого | 3 | |
| 5 Гауссовская манипуляция с минимальным сдвигом (GMSK). | Аналитический расчет спектра гауссовского импульса. Оценка полосы частот по уровню 3 дБ и длительности импульса по уровню 0,1. Сравнение произведения этих двух параметров с единицей (принцип неопределенности). | 2 | ОПК-4 |
| | Итого | 2 | |
| 6 Квадратурная амплитудная модуляция (QAM). | Сравнение средних энергий QAM-16 и PAM-16 (многоуровневая AM) при одинаковом минимальном расстоянии между сигнальными точками созвездия. Сравнение по средней энергии QAM-16 с прямоугольной сеткой и гексагональной при равном минимальном расстоянии. | 4 | ОПК-4 |
| | Итого | 4 | |
| 7 Формирующий фильтр на примере фильтра Найквиста. Согласованный фильтр. | Расчет отклика согласованного фильтра на последовательность двоичных цифр -1 и +1. Функция автокорреляции сигнала, с которым согласован фильтр. Расчет вероятности ошибки на выходе согласованного фильтра (с отсчетным устройством и устройством принятия решения) при кодировании битов чипами (-1+1-1+1) и (+1-1+1-1). Построение графиков для импульсных и частотных характеристик фильтра Найквиста. | 4 | ОПК-4 |

| | | | |
|---|--|----|-------|
| | Итого | 4 | |
| 8 Спектры сигналов с линейной модуляцией. | Расчет спектра прямоугольного, треугольного импульса и импульса типа косинус на пьедестале. Расчет спектра плотности мощности сигнала в виде последовательности равновероятных и независимых биполярных прямоугольных импульсов. | 4 | ОПК-4 |
| | Итого | 4 | |
| Итого за семестр | | 26 | |

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 |
|---|---|----------------|-------------------------|---|
| 1 семестр | | | | |
| 1 Дифференциальная бинарная фазовая манипуляция (DBPSK). | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 4 | ОПК-3, ОПК-4, ПК-8 | Опрос на занятиях, Отчет по индивидуальному заданию, Отчет по лабораторной работе |
| | Проработка лекционного материала | 2 | | |
| | Оформление отчетов по лабораторным работам | 4 | | |
| | Итого | 10 | | |
| 2 Квадратурная фазовая манипуляция (QPSK). QPSK со смещением (OQPSK). | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 5 | ОПК-3, ОПК-4 | Опрос на занятиях, Отчет по индивидуальному заданию |
| | Проработка лекционного материала | 2 | | |
| | Итого | 7 | | |
| 3 Дифференциальная квадратурная фазовая манипуляция (DQPSK). | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 4 | ОПК-3, ОПК-4 | Опрос на занятиях, Отчет по индивидуальному заданию |
| | Проработка лекционного материала | 2 | | |
| | Итого | 6 | | |
| 4 Частотная манипуляция (FSK). Манипуляция с минимальным сдвигом (MSK). | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 4 | ОПК-3, ОПК-4 | Опрос на занятиях, Отчет по индивидуальному заданию |
| | Проработка лекционного материала | 4 | | |

| | | | | |
|---|---|----|--------------------|--|
| | Итого | 8 | | |
| 5 Гауссовская манипуляция с минимальным сдвигом (GMSK). | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 3 | ОПК-3, ОПК-4 | Опрос на занятиях, Отчет по индивидуальному заданию, Экзамен |
| | Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса | 4 | | |
| | Проработка лекционного материала | 2 | | |
| | Итого | 9 | | |
| 6 Квадратурная амплитудная модуляция (QAM). | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 4 | ОПК-3, ОПК-4 | Опрос на занятиях, Отчет по индивидуальному заданию, Экзамен |
| | Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса | 6 | | |
| | Проработка лекционного материала | 2 | | |
| | Итого | 12 | | |
| 7 Формирующий фильтр на примере фильтра Найквиста. Согласованный фильтр. | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 4 | ОПК-3, ОПК-4, ПК-8 | Опрос на занятиях, Отчет по индивидуальному заданию, Экзамен, Отчет по лабораторной работе |
| | Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса | 8 | | |
| | Проработка лекционного материала | 2 | | |
| | Оформление отчетов по лабораторным работам | 4 | | |
| | Оформление отчетов по лабораторным работам | 4 | | |
| | Итого | 22 | | |
| 8 Спектры сигналов с линейной модуляцией. | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 4 | ОПК-3, ОПК-4, ПК-8 | Опрос на занятиях, Отчет по индивидуальному заданию, Отчет по лабораторной работе |
| | Проработка лекционного материала | 2 | | |
| | Оформление отчетов по лабораторным работам | 4 | | |
| | Итого | 10 | | |
| Итого за семестр | | 84 | | |
| | Подготовка к экзамену | 36 | | |

| | | | |
|-------|-----|--|--|
| Итого | 120 | | |
|-------|-----|--|--|

10. Курсовая работа

Не предусмотрено РУП

11. Рейтинговая система для оценки успеваемости студентов

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 |
|-------------------------------|--|---|---|------------------|
| 1 семестр | | | | |
| Домашнее задание | 7 | 7 | 7 | 21 |
| Компонент своевременности | 2 | 2 | 2 | 6 |
| Контрольная работа | | 7 | 6 | 13 |
| Отчет по лабораторной работе | | 9 | 9 | 18 |
| Посещение занятий | 4 | 4 | 4 | 12 |
| Экзамен | | | | 30 |
| Нарастающим итогом | 13 | 42 | 70 | 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, 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) |
| 65 - 69 | | |
| 3 (удовлетворительно) (зачтено) | 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. Современные методы манипуляции цифровой радиосвязи: Учебное пособие для студентов радиотехнических специальностей / Мелихов С. В. – 2013. 31 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/training/publications/3190>, свободный.

2. Демодуляция бинарных цифровых сигналов. Статистический подход: Учебное пособие для студентов радиотехнических специальностей / Новиков А. В. – 2016. 20 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/training/publications/6059>, свободный.

12.2. Дополнительная литература

1. Системы цифровой радиосвязи. Базовые методы и характеристики : Учебное пособие для вузов / Л. Н. Волков, М. С. Немировский, Ю. С. Шинаков. - М. : Экотрендз, 2005. - 390[2] с. : ил., табл., портр. - (Библиотека МТС & GSM). - Библиогр.: с. 388-390. - ISBN 5-88405-071-2 : 269.01 р. (наличие в библиотеке ТУСУР - 42 экз.)

2. Цифровая связь : Пер. с англ. / Джон Прокис; Ред. пер. Д. Д. Кловский, Пер. Д. Д. Кловский, Пер. Б. И. Николаев. - М. : Радио и связь, 2000. - 798[2] с. : ил. - Библиогр.: с. 776-787. - ISBN 5-256-01434-X (в пер.) : 565.00 р., 563.00 р. (наличие в библиотеке ТУСУР - 7 экз.)

3. Цифровая обработка сигналов : Пер. с англ. / А. В. Оппенгейм, Р. В. Шафер ; пер. : С. А. Кулешов ; ред. пер. : А. С. Ненашев. - М. : Техносфера, 2006. - 855[1] с. : ил, табл. - (Мир цифровой обработки ; XI. 03). - Библиогр.: с. 843-852. - Предм. указ.: с. 853-855. - ISBN 5-94836-077-6 : 417.87 р. (наличие в библиотеке ТУСУР - 70 экз.)

12.3. Учебно-методическое пособие и программное обеспечение

1. Исследование MSK модема (реализация с фазовым кодером): Учебно-методическое пособие по лабораторной работе / Кологривов В. А. – 2012. 39 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/training/publications/1525>, свободный.

2. Исследование QPSK модема (реализация с фазовым кодером): Учебно-методическое пособие по лабораторной работе / Кологривов В. А. – 2012. 35 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/training/publications/1532>, свободный.

3. Исследование MSK модема (классическая реализация): Учебно-методическое пособие по лабораторной работе / Кологривов В. А. – 2012. 29 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/training/publications/1524>, свободный.

4. Теория и техника передачи информации: 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/1754>, свободный.

12.4. Базы данных, информационно справочные и поисковые системы

1. https://en.wikipedia.org/wiki/Category:Telecommunication_theory

13. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Аудитория 432 радиотехнического корпуса ТУСУРа для проведения лабораторных работ (семь макетов и пять компьютеров с доступом в Интернет). Рассчитана на одну группу.

14. Фонд оценочных средств

Фонд оценочных средств приведен в приложении 1.

15. Методические рекомендации по организации изучения дисциплины

Без рекомендаций.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

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

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
_____ П. Е. Троян
«___» _____ 20__ г.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

Формирование и обработка сигналов систем связи

Уровень основной образовательной программы: **Магистратура**

Направление подготовки (специальность): **11.04.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи**

Профиль: **Радиоэлектронные системы передачи информации**

Форма обучения: **очная**

Факультет: **РТФ, Радиотехнический факультет**

Кафедра: **РТС, Кафедра радиотехнических систем**

Курс: **1**

Семестр: **1**

Учебный план набора 2015 года

Разработчики:

– доцент кафедры каф. РТС Новиков А. В.

Экзамен: 1 семестр

Томск 2016

1. Введение

Фонд оценочных средств (ФОС) является приложением к рабочей программе дисциплины (практики) и представляет собой совокупность контрольно-измерительных материалов (типовые задачи (задания), контрольные работы, тесты и др.) и методов их использования, предназначенных для измерения уровня достижения студентом установленных результатов обучения.

ФОС по дисциплине (практике) используется при проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации студентов.

Перечень закрепленных за дисциплиной (практикой) компетенций приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень закрепленных за дисциплиной компетенций

| Код | Формулировка компетенции | Этапы формирования компетенций |
|-------|---|--|
| ОПК-3 | способностью осваивать современные и перспективные направления развития ИКТиСС | Должен знать Вероятностные принципы цифровой связи (символы, алфавит, кодовые слова). Векторные модели видео- и радиосигналов. Модель теплового шума в виде белого гауссового шума. Способы расчета вероятности ошибки для разных моделей каналов связи (каналы без памяти, с памятью, со стиранием символов, без стирания). Спектральные характеристики сигналов с линейной модуляцией. Основы корреляционного приема на фоне белого гауссового шума. Основные виды манипуляции несущей (АМ, ФМ, ЧМ) и способы когерентной, некогерентной и частично-когерентной демодуляции. Основные виды кодирования видеосигналов (NRZ, AMI, MLT-3, NRZI, Манчестерский код).; Должен уметь Вычислять числовые характеристики случайных величин (например, среднюю мощность случайного сигнала с многоуровневой АМ). Оценивать полосу частот видеосигналов с линейной модуляцией. Анализировать векторную диаграмму измеряемого радиосигнала. Определять требуемую частоту дискретизации для заданного сигнала. Оценивать отношение сигнал-шум для заданных условий (тип сигнала, полоса обрабатываемых частот, модель МШУ и т. п.). Составлять формулы для вероятностей ошибки после декодирования (код Грея, дифференциальный код, помехоустойчивые коды) для заданного канала связи. Вычислять (по таблицам, а также с помощью ЭВМ) вероятности символьной ошибки для простых АМ, ЧМ и ФМ демодуляторов, а также сложных (КАМ-М). Находить причинно-следственные связи в |
| ОПК-4 | способностью реализовывать новые принципы построения инфокоммуникационных систем и сетей различных типов передачи, распределения, обработки и хранения информации | |
| ПК-8 | готовностью использовать современные достижения науки и передовые инфокоммуникационные технологии, методы проведения теоретических и экспериментальных исследований в научно-исследовательских работах в области ИКТиСС | |

| | | |
|--|--|--|
| | | решаемых задачах для составления левой и правой части уравнений.; Должен владеть Способами постановки и решения вероятностных радиотехнических задач применительно к системам связи.; |
|--|--|--|

Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенций на всех этапах приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенций по этапам

| Показатели и критерии | Знать | Уметь | Владеть |
|---------------------------------------|---|---|--|
| Отлично (высокий уровень) | Обладает фактическими и теоретическими знаниями в пределах изучаемой области с пониманием границ применимости | Обладает диапазоном практических умений, требуемых для развития творческих решений, абстрагирования проблем | Контролирует работу, проводит оценку, совершенствует действия работы |
| Хорошо (базовый уровень) | Знает факты, принципы, процессы, общие понятия в пределах изучаемой области | Обладает диапазоном практических умений, требуемых для решения определенных проблем в области исследования | Берет ответственность за завершение задач в исследовании, приспосабливает свое поведение к обстоятельствам в решении проблем |
| Удовлетворительно (пороговый уровень) | Обладает базовыми общими знаниями | Обладает основными умениями, требуемыми для выполнения простых задач | Работает при прямом наблюдении |

2 Реализация компетенций

2.1 Компетенция ОПК-3

ОПК-3: способностью осваивать современные и перспективные направления развития ИКТиСС.

Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов. Этапы формирования компетенции, применяемые для этого виды занятий и используемые средства оценивания представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания

| Состав | Знать | Уметь | Владеть |
|-------------------|--|--|--|
| Содержание этапов | Знает теорию и технику современных и перспективных ИКТиСС. | Умеет работать с литературой по современным и перспективными направлениям развития ИКТиСС. | Владеет логическим анализом при освоении современных и перспективных ИКТиСС. |
| Виды занятий | <ul style="list-style-type: none"> • Самостоятельная работа; • Практические занятия; • Лекции; • Лабораторные занятия; | <ul style="list-style-type: none"> • Самостоятельная работа; • Практические занятия; • Лекции; • Лабораторные занятия; | <ul style="list-style-type: none"> • Самостоятельная работа; • Лабораторные занятия; |

| | | | |
|----------------------------------|--|--|---|
| | <ul style="list-style-type: none"> • Подготовка к экзамену; | <ul style="list-style-type: none"> • Подготовка к экзамену; | |
| Используемые средства оценивания | <ul style="list-style-type: none"> • Контрольная работа; • Отчет по индивидуальному заданию; • Опрос на занятиях; • Экзамен; • Экзамен; | <ul style="list-style-type: none"> • Контрольная работа; • Отчет по индивидуальному заданию; • Опрос на занятиях; • Экзамен; • Экзамен; | <ul style="list-style-type: none"> • Отчет по индивидуальному заданию; • Экзамен; • Экзамен; |

Формулировка показателей и критериев оценивания данной компетенции приведена в таблице 4.

Таблица 4 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

| Состав | Знать | Уметь | Владеть |
|---------------------------------------|---|--|---|
| Отлично (высокий уровень) | <ul style="list-style-type: none"> • Знает границы применимости математических моделей, использующихся в ИКТиСС.; | <ul style="list-style-type: none"> • Умеет обобщать освоенный материал по современным и перспективным ИКТиСС и строить планы по дальнейшему изучению.; | <ul style="list-style-type: none"> • Владеет разными способами постановки и решения нетривиальных задач в области современных и перспективных ИКТиСС.; |
| Хорошо (базовый уровень) | <ul style="list-style-type: none"> • Знает математические модели, использующиеся в ИКТиСС.; • Знает и понимает связи между разными функциональными блоками ИКТиСС.; | <ul style="list-style-type: none"> • Умеет отделять главное от второстепенного при работе с литературой по современным и перспективным ИКТиСС.; • Умеет структурировать освоенный материал по современным и перспективным ИКТиСС.; | <ul style="list-style-type: none"> • Владеет альтернативными способами решения базовых задач в области современных и перспективных ИКТиСС.; |
| Удовлетворительно (пороговый уровень) | <ul style="list-style-type: none"> • Знает основные термины и определения, использующиеся в современных и перспективных ИКТиСС.; • Знает основные закономерности, справедливые для современных и перспективных ИКТиСС.; | <ul style="list-style-type: none"> • Умеет читать специальную литературу по современным и перспективным ИКТиСС.; | <ul style="list-style-type: none"> • Владеет способами постановки и решения базовых задач в области современных и перспективных ИКТиСС.; |

2.2 Компетенция ОПК-4

ОПК-4: способностью реализовывать новые принципы построения инфокоммуникационных систем и сетей различных типов передачи, распределения, обработки и хранения информации.

Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов. Этапы формирования

компетенции, применяемые для этого вида занятий и используемые средства оценивания представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания

| Состав | Знать | Уметь | Владеть |
|----------------------------------|--|--|---|
| Содержание этапов | Знает программное обеспечение для построения инфокоммуникационных систем и сетей различных типов передачи, распределения, обработки и хранения информации. | Умеет работать с литературой и программным обеспечением для построения инфокоммуникационных систем и сетей различных типов передачи, распределения, обработки и хранения информации. | Владеет логическим анализом и синтезом при построении инфокоммуникационных систем и сетей различных типов передачи, распределения, обработки и хранения информации. |
| Виды занятий | <ul style="list-style-type: none"> • Самостоятельная работа; • Практические занятия; • Лекции; • Лабораторные занятия; • Подготовка к экзамену; | <ul style="list-style-type: none"> • Самостоятельная работа; • Практические занятия; • Лекции; • Лабораторные занятия; • Подготовка к экзамену; | <ul style="list-style-type: none"> • Самостоятельная работа; • Лабораторные занятия; |
| Используемые средства оценивания | <ul style="list-style-type: none"> • Контрольная работа; • Домашнее задание; • Отчет по лабораторной работе; • Отчет по индивидуальному заданию; • Опрос на занятиях; • Экзамен; | <ul style="list-style-type: none"> • Контрольная работа; • Домашнее задание; • Отчет по лабораторной работе; • Отчет по индивидуальному заданию; • Опрос на занятиях; • Экзамен; | <ul style="list-style-type: none"> • Домашнее задание; • Отчет по лабораторной работе; • Отчет по индивидуальному заданию; • Экзамен; |

Формулировка показателей и критериев оценивания данной компетенции приведена в таблице 6.

Таблица 6 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

| Состав | Знать | Уметь | Владеть |
|---------------------------|---|--|--|
| Отлично (высокий уровень) | <ul style="list-style-type: none"> • Знает границы применимости математических моделей, использующихся в программных продуктах для построения инфокоммуникационных систем и сетей различных типов передачи, распределения, | <ul style="list-style-type: none"> • Умеет обобщать освоенный материал по инфокоммуникационным системам и сетям различных типов передачи, распределения, обработки и хранения информации, а также строить планы по дальнейшему изучению.; | <ul style="list-style-type: none"> • Владеет разными способами постановки и решения нетривиальных задач при построении инфокоммуникационных систем и сетей различных типов передачи, распределения, обработки и хранения информации.; |

| | | | |
|---------------------------------------|---|--|---|
| | обработки и хранения информации.; | | |
| Хорошо (базовый уровень) | <ul style="list-style-type: none"> Знает функциональные блоки и их математические модели, используемые в программных продуктах для построения инфокоммуникационных систем и сетей различных типов передачи, распределения, обработки и хранения информации.; | <ul style="list-style-type: none"> Умеет отделять главное от второстепенного при работе с литературой по инфокоммуникационным системам и сетям различных типов передачи, распределения, обработки и хранения информации.; Умеет структурировать освоенный материал по инфокоммуникационным системам и сетям различных типов передачи, распределения, обработки и хранения информации.; | <ul style="list-style-type: none"> Владеет альтернативными способами решения базовых задач при построении инфокоммуникационных систем и сетей различных типов передачи, распределения, обработки и хранения информации.; |
| Удовлетворительно (пороговый уровень) | <ul style="list-style-type: none"> Знает основные программные продукты, используемые при построении инфокоммуникационных систем и сетей различных типов передачи, распределения, обработки и хранения информации.; | <ul style="list-style-type: none"> Умеет читать специальную литературу по инфокоммуникационным системам и сетям различных типов передачи, распределения, обработки и хранения информации, а также по соответствующим программным продуктам.; | <ul style="list-style-type: none"> Владеет способами постановки и решения базовых задач при построении инфокоммуникационных систем и сетей различных типов передачи, распределения, обработки и хранения информации.; |

2.3 Компетенция ПК-8

ПК-8: готовностью использовать современные достижения науки и передовые инфокоммуникационные технологии, методы проведения теоретических и экспериментальных исследований в научно-исследовательских работах в области ИКТиСС.

Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов. Этапы формирования компетенции, применяемые для этого виды занятий и используемые средства оценивания представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания

| Состав | Знать | Уметь | Владеть |
|-------------------|--|---|--|
| Содержание этапов | Знает основные методы теоретических и экспериментальных исследований в области ИКТиСС. | Умеет ставить задачу при проведении теоретических и экспериментальных исследований в области ИКТиСС | Владеет математическим аппаратом, используемым при проведении теоретических и экспериментальных исследований в области |

| | | | |
|----------------------------------|--|--|--|
| | | | ИКТиСС. |
| Виды занятий | <ul style="list-style-type: none"> • Самостоятельная работа; • Практические занятия; • Лекции; • Лабораторные занятия; • Подготовка к экзамену; | <ul style="list-style-type: none"> • Самостоятельная работа; • Практические занятия; • Лекции; • Лабораторные занятия; • Подготовка к экзамену; | <ul style="list-style-type: none"> • Самостоятельная работа; • Лабораторные занятия; |
| Используемые средства оценивания | <ul style="list-style-type: none"> • Отчет по лабораторной работе; • Экзамен; | <ul style="list-style-type: none"> • Отчет по лабораторной работе; • Экзамен; | <ul style="list-style-type: none"> • Отчет по лабораторной работе; • Экзамен; |

Формулировка показателей и критериев оценивания данной компетенции приведена в таблице 8.

Таблица 8 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

| Состав | Знать | Уметь | Владеть |
|---------------------------------------|---|--|---|
| Отлично (высокий уровень) | <ul style="list-style-type: none"> • Знает границы применимости математических моделей, использующихся в ИКТиСС.; • Знает основные нерешенные проблемы ИКТиСС.; | <ul style="list-style-type: none"> • Умеет ставить новую задачу на основании полученных результатов теоретических и экспериментальных исследований в области ИКТиСС.; | <ul style="list-style-type: none"> • Владеет методикой синтеза математических приемов, позволяющих провести теоретические и экспериментальные исследования в области ИКТиСС с использованием современных достижений науки.; |
| Хорошо (базовый уровень) | <ul style="list-style-type: none"> • Знает математические модели, использующиеся в ИКТиСС.; • Знает и понимает связи между разными функциональными блоками ИКТиСС.; | <ul style="list-style-type: none"> • Умеет обобщать результаты теоретических и экспериментальных исследований в области ИКТиСС.; | <ul style="list-style-type: none"> • Владеет альтернативными математическими приемами, позволяющими провести теоретические и экспериментальные исследования в области ИКТиСС.; |
| Удовлетворительно (пороговый уровень) | <ul style="list-style-type: none"> • Знает основные термины и определения, использующиеся в области ИКТиСС.; • Знает назначение основных функциональных блоков ИКТиСС.; | <ul style="list-style-type: none"> • Умеет определять цель теоретических и экспериментальных исследований в области ИКТиСС.; • Умеет выделять главное и второстепенное при постановке задачи теоретических и экспериментальных исследований в области ИКТиСС.; | <ul style="list-style-type: none"> • Владеет методикой математических обозначений для теоретических и экспериментальных исследований в области ИКТиСС.; • Владеет методикой составления уравнений и базовыми математическими приемами их решения для теоретических и экспериментальных исследований в области |

3 Типовые контрольные задания

Для реализации вышеперечисленных задач обучения используются типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы, в следующем составе.

3.1 Темы домашних заданий

- На вход идеального делителя частоты на два поступает сигнал $A \cdot \cos(2 \cdot \pi \cdot F \cdot t)$. Записать сигнал на выходе делителя.
- Вычислить импульсную характеристику дифференциального кодера $C[k] = M[k] \text{ XOR } C[k-1]$, а также переходную характеристику (реакцию на единичный скачок), если кодер в начальном состоянии обнулен.
- Разделить плоскость векторной диаграммы на зоны притяжения каждого QPSK-символа по критерию минимального расстояния.
- Найти отношение средних мощностей передатчика ФМ-8 и ФМ-4 (QPSK), если минимальное расстояние между символами одинаково.
- Символы QPSK интерпретируются как числа 0, 1, 2 и 3. Закодировать последовательность символов $M=(0023020202210011)$ дифференциальным кодером, работающим по правилу $C[k] = (M[k] + C[k-1]) \bmod 4$.

3.2 Темы индивидуальных заданий

- Битовая вероятность ошибки при передаче цифрового сигнала.
- Регенерация цифрового сигнала при передаче на большие расстояния.
- Формирующий фильтр.
- Согласованный фильтр.

3.3 Темы опросов на занятиях

- BPSK, DBPSK.
- QPSK, DQPSK.
- Когерентность/некогерентность сигналов.
- MSK, GMSK.
- QAM.

3.4 Темы контрольных работ

- Модуляция DBPSK.
- Модуляция DQPSK.
- Модуляция MSK.
- Формирующий фильтр Найквиста.
- Спектр сигнала с линейной модуляцией.

3.5 Экзаменационные вопросы

- 1. Дифференциальная (относительная) бинарная фазовая манипуляция (DBPSK). Фазовая неоднозначность при приеме. Когерентная и некогерентная демодуляция. Структурная схема модема.
- 2. Квадратурная фазовая манипуляция (QPSK), фазовая неоднозначность при приеме. Дифференциальная квадратурная фазовая манипуляция (DQPSK). Структурные схемы модемов.
- 3. Дифференциальная квадратурная фазовая манипуляция со сдвигом (QPSK). Структурная схема модема.
- 4. Манипуляция с минимальным сдвигом (MSK). Гауссова манипуляция с минимальным сдвигом (GMSK). Структурные схемы модемов. Эффективность использования полосы частот. Спектр модулированного сигнала. Обеспечение компактности спектра.
- 5. Квадратурная амплитудная модуляция (QAM). Структурные схемы модемов.
- 6. Мультиплексирование с ортогональным частотным разделением каналов (OFDM).

Структурные схемы передатчика и приёмника.

3.6 Темы лабораторных работ

- Статистика дифференциального кодера по модулю два.
- Формирующий фильтр
- Согласованный фильтр.
- Спектры сигналов с линейной модуляцией.

4 Методические материалы

Для обеспечения процесса обучения и решения задач обучения используются следующие материалы:

– методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций, согласно п. 12 рабочей программы.

4.1. Основная литература

1. Современные методы манипуляции цифровой радиосвязи: Учебное пособие для студентов радиотехнических специальностей / Мелихов С. В. – 2013. 31 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/training/publications/3190>, свободный.

2. Демодуляция бинарных цифровых сигналов. Статистический подход: Учебное пособие для студентов радиотехнических специальностей / Новиков А. В. – 2016. 20 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/training/publications/6059>, свободный.

4.2. Дополнительная литература

1. Системы цифровой радиосвязи. Базовые методы и характеристики : Учебное пособие для вузов / Л. Н. Волков, М. С. Немировский, Ю. С. Шинаков. - М. : Экотрендз, 2005. - 390[2] с. : ил., табл., портр. - (Библиотека МТС & GSM). - Библиогр.: с. 388-390. - ISBN 5-88405-071-2 : 269.01 р. (наличие в библиотеке ТУСУР - 42 экз.)

2. Цифровая связь : Пер. с англ. / Джон Прокис; Ред. пер. Д. Д. Кловский, Пер. Д. Д. Кловский, Пер. Б. И. Николаев. - М. : Радио и связь, 2000. - 798[2] с. : ил. - Библиогр.: с. 776-787. - ISBN 5-256-01434-X (в пер.) : 565.00 р., 563.00 р. (наличие в библиотеке ТУСУР - 7 экз.)

3. Цифровая обработка сигналов : Пер. с англ. / А. В. Оппенгейм, Р. В. Шафер ; пер. : С. А. Кулешов ; ред. пер. : А. С. Ненашев. - М. : Техносфера, 2006. - 855[1] с. : ил, табл. - (Мир цифровой обработки ; XI. 03). - Библиогр.: с. 843-852. - Предм. указ.: с. 853-855. - ISBN 5-94836-077-6 : 417.87 р. (наличие в библиотеке ТУСУР - 70 экз.)

4.3. Учебно-методическое пособие и программное обеспечение

1. Исследование MSK модема (реализация с фазовым кодером): Учебно-методическое пособие по лабораторной работе / Кологривов В. А. – 2012. 39 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/training/publications/1525>, свободный.

2. Исследование QPSK модема (реализация с фазовым кодером): Учебно-методическое пособие по лабораторной работе / Кологривов В. А. – 2012. 35 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/training/publications/1532>, свободный.

3. Исследование MSK модема (классическая реализация): Учебно-методическое пособие по лабораторной работе / Кологривов В. А. – 2012. 29 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/training/publications/1524>, свободный.

4. Теория и техника передачи информации: 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/1754>, свободный.

4.4. Базы данных, информационно справочные и поисковые системы

1. https://en.wikipedia.org/wiki/Category:Telecommunication_theory