



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
**«Дальневосточный федеральный университет»**  
(ДВФУ)  
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (ШКОЛА)

«СОГЛАСОВАНО»

Руководитель ОП

(подпись)

Стаценко Л.Г.

(Ф.И.О.)

« 27 » января 2021 г.

«УТВЕРЖДАЮ»

Директор департамента электроники,  
телекоммуникации и приборостроения

(подпись)

Стаценко Л.Г.

(Ф.И.О.)

« 27 » января 2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

*Цифровая передача информации*

*Направление подготовки 11.04.02 инфокоммуникационные технологии и системы связи  
(системы радиосвязи и радиодоступа)*

*Форма подготовки очная*

курс 1 семестр 1

лекции 18 час.

практические занятия 18 час.

лабораторные работы не предусмотрены

в том числе с использованием МАО лек. 0/пр. 10 /лаб. 0 час.

всего часов аудиторной нагрузки 36 час

самостоятельная работа 108 час.

в том числе на подготовку к экзамену 54 час.

контрольные работы (количество) не предусмотрены

курсовая работа / курсовой проект не предусмотрены

зачет не предусмотрен

экзамен 1 семестр

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта по направлению подготовки **11.04.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи** утвержденного приказом Министерства образования и науки РФ от 22.09.2017 №958

Рабочая программа обсуждена на заседании департамента электроники, телекоммуникации и приборостроения протокол № 7 от «28» января 2021 г.

Директор департамента \_\_\_\_\_ .ф.-м.н., проф., Стаценко Л.Г.

Составитель (ли): \_\_\_\_\_ .ф.-м.н., проф., Стаценко Л.Г.

Владивосток  
2021

**I. Рабочая программа пересмотрена на заседании *департамента*:**

Протокол от «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_

Директор департамента: \_\_\_\_\_  
(подпись) (И.О. Фамилия)

**II. Рабочая программа пересмотрена на заседании *департамента*:**

Протокол от «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_

Директор департамента: \_\_\_\_\_  
(подпись) (И.О. Фамилия)

**III. Рабочая программа пересмотрена на заседании *департамента*:**

Протокол от «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_

Директор департамента: \_\_\_\_\_  
(подпись) (И.О. Фамилия)

**IV. Рабочая программа пересмотрена на заседании *департамента*:**

Протокол от «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_

Директор департамента: \_\_\_\_\_  
(подпись) (И.О. Фамилия)

## 1. Цели и задачи освоения дисциплины:

Цель: дать магистрам знания для развития навыков, дающих им возможность проектировать и рассчитывать устройства цифровых систем радиосвязи и проводной связи. Современные системы радиосвязи - сотовые, спутниковые сети - используют узкополосные и широкополосные каналы для передачи и приема цифровой информации. Речевой кодер, канальный кодер, компрессор являются основной частью цифровых систем передачи голоса. В этих блоках происходит основная часть преобразования цифровой информации в проводном и беспроводном передатчике.

### Задачи:

- сформировать у обучающихся представление о направлении развития цифровой связи, ее компонентов, применения методов преобразования цифровой информации в передатчике и приемнике для повышения помехоустойчивости и уменьшения полосы частот, занимаемой сигналами;
- дать комплекс базовых теоретических знаний о способах технической реализации и методах преобразования цифровой информации с использованием программных методов с использованием микропроцессоров в радиоприемном и передающем оборудовании;
- дать базовые знания о технической реализации методов помехоустойчивого кодирования в проводных и беспроводных системах.

В результате изучения дисциплины «Цифровая передача информации» у обучающихся должны быть сформированы следующие компетенции:

### Профессиональные компетенции выпускников и индикаторы их достижения:

Тип задач	Код и наименование профессиональной компетенции (результат освоения)	Код и наименование индикатора достижения компетенции
Научно-исследовательские	ПК-3 Способен самостоятельно собирать и анализировать исходные данные с целью	ПК-3.1 Анализирует перспективы внедрения передового отечественного и зарубежного опыта в области предоставления услуг связи

Тип задач	Код и наименование профессиональной компетенции (результат освоения)	Код и наименование индикатора достижения компетенции
	формирования плана развития, выработке и внедрения научно обоснованных решений по оптимизации сети связи	ПК-3.2 Выбирает технологии для предоставления различных услуг связи в соответствии с потребительским спросом
		ПК-3.3 Планирует развитие сети связи с учётом внедрения новых технологий
Технологические	ПК-7 Способен к разработке моделей различных технологических процессов и проверке их адекватности на практике, готов использовать пакеты прикладных программ анализа и синтеза инфокоммуникационных систем, сетей и устройств	ПК-7.3 Использует прикладные программы анализа и синтеза инфокоммуникационных систем, сетей и устройств

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания (результата обучения по дисциплине)
ПК-3.1 Анализирует перспективы внедрения передового отечественного и зарубежного опыта в области предоставления услуг связи	Знает структурные схемы технических средств передачи данных по цифровым каналам связи; принципы помехоустойчивого кодирования, применяемого в проводных и беспроводных сетях;
	Умеет оценивать характеристики отдельных блоков систем передачи данных; составлять алгоритмы процедур помехоустойчивого кодирования для кодеров канала;
	Владеет навыками работы с простыми микросхемами, применяемыми в системах передачи данных; навыками составления математических программ для моделирования сигналов кодера речи и кодера канала;
ПК-3.2 Выбирает технологии для предоставления различных услуг связи в соответствии с потребительским спросом	Знает влияние скорости передачи данных на помехоустойчивость передаваемой информации.
	Умеет анализировать занимаемые полосы частотных каналов; проводить оценку помехоустойчивости работающей сети передачи данных; рассчитывать полосы частотных каналов для достижения необходимой скорости передачи данных.
	Владеет навыками работы со справочной информацией основных стандартов телефонной связи, необходимой для проведения практических занятий; приемами выбора и применения различных способов генерации псевдослучайных сигналов в сетях связи.

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания (результата обучения по дисциплине)
ПК-3.3 Планирует развитие сети связи с учётом внедрения новых технологий	Знает направления развития технических средств передачи данных в системах связи и телефонии; преимущества и недостатки систем помехоустойчивого кодирования.
	Умеет анализировать согласование режимов работы кодеров речи при международных соединениях в сетях телефонии; проводить мониторинг работающей телефонной сети и анализировать состояние сети по результатам измерений; измерять помехоустойчивость телефонных каналов связи.
	Владеет навыками работы со справочной информацией, необходимой для проведения практических занятий;
ПК-7.3 Использует прикладные программы анализа и синтеза инфокоммуникационных систем, сетей и устройств	Знает проблемы работы сетей в связи с применением А-закона и $\mu$ -закона компрессии речевого сигнала; назначение процедуры скремблирования в цифровых сетях передачи данных.
	Умеет применять микросхемы триггеров в схемах помехоустойчивого кодирования.
	Владеет навыками приемами расчета коэффициента усиления и коэффициента нелинейных искажений в системах компрессии речевых сигналов при передаче по сетям связи.

## 2. Трудоемкость дисциплины и видов учебных занятий по дисциплине

Общая трудоемкость дисциплины составляет 144 зачётных единиц (4 академических часов).

(1 зачетная единица соответствует 36 академическим часам)

Видами учебных занятий и работы обучающегося по дисциплине могут являться:

Обозначение	Виды учебных занятий и работы обучающегося
Лек	Лекции
Лаб	Лабораторные работы
Пр	Практические занятия
ОК	Онлайн курс
СР	Самостоятельная работа обучающегося в период теоретического обучения
Контроль	Самостоятельная работа обучающегося и контактная работа обучающегося с преподавателем в период промежуточной аттестации

## Структура дисциплины:

Форма обучения – очная.

№	Наименование раздела дисциплины	Семестр	Количество часов по видам учебных занятий и работы обучающегося						Формы промежуточной, текущей аттестации
			Лек	Лаб	Пр	ОК	СР	Контроль	
1	Сверточное и блочное кодирование передаваемой информации	1	5	0	0	0	0	3	
2	Турбокодирование	1	4	0	0	0	0	3	
3	Кодирование речевого сигнала	1	5	0	0	0	0	3	
4	Генераторы псевдослучайных последовательностей	1	4	0	0	0	0	3	
5	Компрессия речевого сигнала в каналах связи	1	0	0	1	0	11	3	
6	Характеристики речевых сигналов и сигналов управления в цифровом радиотелефоне	1	0	0	1	0	3	3	
7	Блочное кодирование в кодере канала телефона	1	0	0	1	0	10	4	
8	Сверточное кодирование и перемежение в телефоне	1	0	0	1	0	3	3	
9	Турбо-кодирование	1	0	0	2	0	10	4	
10	Эквалайзинг кодера канала	1	0	0	2	0	3	4	
11	Кодирование речевого сигнала в телефонии	1	0	0	2	0	14	3	
12	Синтез речевого сигнала в передатчике и приемнике	1	0	0	2	0	0	4	
13	Линейное предсказание в кодере речи	1	0	0	2	0	0	3	
14	Псевдослучайные последовательности	1	0	0	2	0	0	4	
15	Скремблирование	1	0	0	1	0	0	3	
16	Измерение отношения сигнал/помеха в приёмниках	1	0	0	1	0	0	4	
	Итого:	1	18	0	18	0	54	54	экзамен

### **3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА**

**Раздел 1. Сверточное и блочное кодирование передаваемой информации. 5 час.**

**Тема 1. 1 час. Компрессия речевого сигнала в каналах телефонной связи**

Компрессия речевого сигнала в многоканальной цифровой передаче. Нелинейные преобразования сигнала, выполняемые передатчиком и приемником. Уравнения компрессии по А-закону и  $\mu$ -закону. Назначение компрессии. Применение компандера в аналоговых системах проводной связи, в многоканальной цифровой связи с плезиохронной иерархией PDH, синхронной SDH-иерархией. Достижение высокого отношения сигнал-помеха в линии связи при слабом по уровню громкости речевом сигнале за счет компрессии. Восстановление линейности экспандером в приемнике.

Применение разных законов компрессии речевого сигнала в Европе, США, Японии. Согласование параметров компрессии перед установлением соединения в международных каналах связи. Техническая реализация компандера в аналоговых и цифровых системах связи. Применение микропроцессоров для программной реализации законов компрессии.

**Тема 2. Преобразования речевых сигналов и сигналов управления в цифровом радиотелефоне. 1 час.**

Структурная схема цифрового радиотелефона. Назначение блоков. Вид сигналов на входе и выходе отдельных блоков телефона. Влияние отдельных блоков на параметры цифрового радиотелефона - полосу частот, скорость передачи.

Характеристики сигналов при прохождении блоков аналогового и цифрового преобразования в цифровом радиотелефоне – амплитуда, занимаемая полоса частот, скорость передачи. Микрофон, линейный микрофонный усилитель, аналого-цифровой преобразователь, кодер речи, кодер канала, модулятор с переносом на высокую частоту, усилитель мощности.

Требования к скорости передачи и полосе частот в указанных блоках телефона. Понижение скорости передачи в кодере речи и повышение скорости передачи в кодере канала. Формирование занимаемой полосы частот в кодере речи и кодере канала. Пороговый уровень отношения сигнал-помеха, при котором обеспечивается исправление ошибок в приемнике.

### **Тема 3. Блочное кодирование. 1 час.**

Основные процедуры помехоустойчивого кодирования - блочное кодирование, сверточное кодирование и перемежение. Назначение процедур и их особенности. Влияние трех процедур на обнаружение и исправление ошибок в приемнике.

Применение блочного кодирования для повышения помехоустойчивости цифрового сигнала, передаваемого по радиоканалу. Способы формирования контрольных бит. Применение одного контрольного бита, расчет контрольных бит матрицы. Обнаружение одиночных ошибок в приемнике, исправляющая способность блочного кодирования. Процент избыточности блочного кодирования, применяемого в системах связи. Блочное кодирование в интерфейсе RS-232.

Возможность реализации блочного кодирования делением на полином. Применение деления на полином в блочных кодерах систем радиосвязи. Небольшой процент избыточности (менее 100%), невысокая корректирующая способность.

### **Тема 4. Сверточное кодирование. 1 час.**

Применение сверточного кодирования для повышения помехоустойчивости цифрового сигнала, передаваемого по радиоканалу. Принцип работы схемы сверточного кодирования с использованием регистра сдвига. Формирование выходного сигнала кодера в передатчике по тактам. Дерево маршрутов. Избыточность кодера, относительная скорость кодирования  $R$ .

Принцип декодирования потока данных в приемнике. Пример работы декодера в случае приема данных из радиоканала без ошибок. Дерево маршрутов. Расстояние Хэмминга.

Пример работы декодера в случае приема данных из радиоканала с одной ошибкой в группе бит. Исправляющая способность декодера.

### **Тема 5. Перемежение в каналах радиосвязи. 1 час.**

Применение перемежения для повышения помехоустойчивости цифрового сигнала, передаваемого по радиоканалу. Принцип работы блочного и диагонального перемежения. Выделение блока бит информации, перемешивание бит. Преобразование сгруппированных ошибок в одиночные ошибки.

Эффективность процедуры перемежения при замираниях радиосигнала. Задержки, вносимые процедурой перемежения. Влияние задержки на качество перемешивания бит. Раздельное во времени применение процедур сверточного, блочного кодирования и перемежения. Встраивание процедуры



перемежения в сверточное и блочное кодирование в высокоскоростных системах передачи данных.

## **Раздел 2. Турбокодирование. 4 час.**

### **Тема 6. Эквалайзинг. 1 час.**

Помехоустойчивость к многолучевому распространению радиосигнала. Эквалайзинг. Назначение процедуры эквалайзинга в радиосвязи. Структурная схема эквалайзера и принцип работы схемы, реализованной на КИХ-фильтре. Низкая эффективность применения КИХ-фильтра для эквалайзинга из-за несоответствия модели фактическому многолучевому распространению радиосигнала.

Реализация эквалайзинга в сотовой связи стандарта GSM. Размещение 26 контрольных бит в кадре GSM из 114 информационных бит. Расчет времени задержки распространения радиосигнала по различным траекториям по расположению обнаруженных ошибочных бит в контрольной сумме. Коррекция ошибок многолучевого распространения радиосигнала в пределах одного кадра GSM. Необязательность выполнения эквалайзинга для изготовителей оборудования GSM.

### **Тема 7. Деление на полином. 1 час.**

Расчет контрольной суммы делением на полином в аппаратуре связи. Способы реализации деления на полином в кодере канала. Отличие структурных схем, выполняющих операции деления и умножения. Пример структурной схемы деления и схемы деления с умножением.

Обнаружение и исправление ошибок с помощью синдрома. Пример составления таблицы, содержащей синдромы одиночных ошибок для исправления их приемником.

### **Тема 8. Деление на полином с помощью D-триггеров. 1 час.**

Техническая реализация деления на полином с помощью D-триггеров. Составление структурной схемы деления на образующий полином на основе триггеров. Переход к электрической схеме деления на полином с помощью микросхем D-триггеров.

Структурная схема деления на образующий полином на основе триггеров. Пример составления таблицы потактовой работы структурной схемы на триггерах. Получение в схеме остатка от деления двоичного числа на образующий полином.

### **Тема 9. Турбо-кодирование. 1 час.**

Назначение турбо-кодирования, сравнение с другими видами помехоустойчивого кодирования. Эффективность турбо-кодирования. Структурные схемы турбо-кодера и декодера. Принцип работы турбо-кодера.

Пример работы турбо-кодера. Формирование одного блока данных на выходе передатчика. Определение цифровых сигналов декодера при приеме данных без ошибок и с одной ошибкой в кадре.

### **Раздел 3. Кодирование речевого сигнала. 5 час.**

#### **Тема 10. Методы кодирования речевого сигнала. 1 час.**

Две группы методов кодирования речевого сигнала для передачи по цифровым каналам связи. Кодирование формы сигнала и кодирование источника сообщения. Кодеры ИКМ,  $\Delta$  ИКМ, адаптивное ИКМ кодирование. Устранение избыточности с понижением скорости передачи в несколько раз при кодировании формы сигнала. Достижение минимальной скорости передачи данных в случае кодирования источника сообщения. Требования к быстродействию процессора, вычислительные затраты. Задержки сигналов, вносимые кодерами. Чувствительность к потерям и ошибкам в сетях с коммутацией пакетов. Сравнение кодирования формы сигнала и кодирования источника сообщения.

Применение различных методов в европейских стандартах связи. Примеры кодеров речи, применяемых в различных стандартах. Параметры, характеризующие качество воспроизведение речи в приемнике. Оценка качества воспроизведения речи по шкале MOS.

#### **Тема 11. Синтез речевого сигнала в передатчике. 2 час.**

Вокодерные методы воспроизведения речевого сигнала в приемнике. Выделение интервала времени для спектрального анализа речи. Расчет параметров речи, которые передатчик должен передать приемнику. Активизация речи из периодических импульсных сигналов, моделирующих колебания голосовых связок. Активизация речи одним импульсным сигналом, на интервале стационарности. Табличный метод определения сигнала активизации (кодовая книга). Коэффициент сжатия аудиосигнала. Программная реализация анализа входных данных через синтез с помощью сигнального микропроцессора.

Принцип работы схемы с основным тоном, одним импульсным сигналом возбуждения и переключателем вокализованных и невокализованных звуков. Цифровой фильтр приемника, моделирующий работу вокального тракта. Кратковременный спектр вокализованной речи с передаточной характеристикой вокального тракта. Форманты передаточной характеристики. Период основного тона. Структурные схемы приемников, использующие период основного тона. Схемы с одним или несколькими импульсными сигналами возбуждения. Оценка качества речи в различных схемах синтеза речевого сигнала в приемнике.

## **Тема 12. Линейное предсказание. 2 час.**

Метод линейного предсказания. Применение метода в беспроводной связи. Расчет коэффициентов линейного предсказания в передатчике. Моделирование речи с помощью линейного кодера с предсказанием. Линейный фильтр с N-отводным предсказанием. Анализ параметров речевого сигнала через синтез на интервале стационарности.

Преобразование коэффициентов линейного предсказания в линейно-спектральные пары, нечувствительные к разрядности чисел. Программная реализация анализа входных данных через синтез с помощью сигнального микропроцессора в схемах с линейным предсказанием.

Схемы многоимпульсного возбуждения, применяемые в сотовой связи, без определения периода основного тона и классификации речевых сегментов на вокализованные и невокализованные звуки. Расчет в европейских стандартах амплитуды и положения импульсов последовательно по мере обработки одного кадра за другим. Известное заранее взаимное расположение импульсов с сеткой равноотстоящих импульсов. Расчет кодером положения сетки из нескольких импульсов в пределах одного кадра и определение их амплитуд.

## **Раздел 4. Генераторы псевдослучайных последовательностей 4 час.**

### **Тема 13. Техническая реализация генераторов ПСП. 2 час.**

Применение M-последовательности в качестве генератора псевдослучайной последовательности. Свойства M-последовательности: сбалансированность, цикличность, корреляционная функция. Структурная схема генератора чисел на триггерах. Принцип работы схемы генератора. Анализ формирования выходного сигнала в течение одного периода псевдослучайной последовательности.

Коды Голда и коды Кассами. Структурные схемы генераторов кода Голда и кода Кассами. Формирование схемой выходного сигнала, принцип работы генератора псевдослучайной последовательности. Расчет выходного сигнала в течение одного периода псевдослучайной последовательности.

Синтез схем генераторов псевдослучайной последовательности. Применение псевдослучайной последовательности в сотовой связи для опознавания базовой станции радиотелефонами мобильных абонентов.

### **Тема 14. Скремблирование. 2 час.**

Назначение скремблера, структура скремблирования в передатчике и дескремблирования в приемнике. Применение скремблирования для гарантированного изменения цифрового сигнала на заданном интервале

времени. Синхронизация приемника с помощью генераторов с фазовой автоподстройкой частоты в волоконно-оптических высокоскоростных линиях.

Выделение синхросигнала и данных из сигнала, передаваемого по каналу связи. Схема скремблирования на основе сдвигового регистра. Временная диаграмма выделения бита данных из потока в приемнике с учетом джиттера. Одноконтурные и двухконтурные схемы выделения синхросигнала.

Распознавание синхросигнала в искаженном входном сигнале с помощью симметрирующего коррелятора. Применение коррелятора для распознавания синхросигнала в искаженном входном сигнале.

## **4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА**

### **Практические занятия**

**Практическое занятие 1. Компрессия речевого сигнала в каналах связи. 1 час.**

Компрессия речевого сигнала в многоканальной цифровой передаче. Нелинейные преобразования сигнала, выполняемые передатчиком и приемником. Уравнения компрессии по А-закону и  $\mu$ -закону. Назначение компрессии. Применение компрессора в аналоговых системах проводной связи, в многоканальной цифровой связи. Достижение высокого отношения сигнал-помеха в линии связи при слабом по уровню громкости речевом сигнале за счет компрессии. Восстановление линейности экспандером в приемнике.

Расчет трех графиков  $y=f(x)$  нормированных сигналов компрессора для А-закон и  $\mu$ -закон при  $\mu_1=100$ ,  $\mu_2=255$ . Оценка взаимного расположения графиков.

Расчет выходного сигнала компрессора  $U_{\text{ВЫХ}}(t)$  как функции времени при заданном входном напряжении  $U_{\text{ВХ}}(t) = A \sin \omega t$ . Исходные данные для расчета: закон компрессии, амплитуда и частота входного напряжения входного сигнала. Количество точек для построения графика на интервале одного периода сигнала.

Расчет параметров выходного сигнала компрессора по определенному выходному напряжению от времени – коэффициента усиления и коэффициента нелинейных искажений. Оценка влияния количества точек, взятых на период синусоиды, на точность расчета коэффициента нелинейных искажений.

Расчет трех графиков  $y=f(x)$  нормированных сигналов экспандера для А-закон и  $\mu$ -закон при  $\mu_1=100$ ,  $\mu_2=255$ . Оценка взаимного расположения графиков.

Расчет выходного сигнала экспандера  $U_{\text{ВЫХ}}(t)$  как функции времени при заданном входном напряжении  $U_{\text{ВХ}}(t)$ . Исходные данные для расчета: закон компрессии, известное входное напряжение. Количество точек для построения графика на интервале одного периода сигнала.

Составление программ в среде Mathcad или Matlab для расчета выходных сигналов и параметров компрессора и экспандера.

## **Практическое занятие 2. Характеристики речевых сигналов и сигналов управления в цифровом радиотелефоне. 1 час.**

Структурная схема цифрового радиотелефона. Назначение блоков. Вид сигналов на входе и выходе отдельных блоков телефона. Влияние отдельных блоков на параметры цифрового радиотелефона - полосу частот, скорость передачи.

Расчет параметров сигналов при прохождении блоков аналогового и цифрового преобразования в цифровом радиотелефоне – амплитуды, занимаемой полосы частот, скорости передачи. Характеристики и взаимное влияние основных блоков телефона: микрофон, линейный микрофонный усилитель, аналого-цифровой преобразователь, кодер речи, кодер канала, модулятор с переносом на высокую частоту, усилитель мощности.

Расчет скорости передачи и полосы частот в указанных блоках телефона. Понижение скорости передачи в кодере речи и повышение скорости передачи в кодере канала. Формирование занимаемой полосы частот в кодере речи и кодере канала. Оценка уровня отношения сигнал-помеха, при котором обеспечивается исправление ошибок в приемнике.

## **Практическое занятие 3. Блочное кодирование в кодере канала телефона. 1 час.**

Сравнение процедур помехоустойчивого кодирования - блочное кодирование, сверточное кодирование и перемежение. Назначение процедур и их особенности. Анализ влияния трех процедур на обнаружение и исправление ошибок в приемнике.

Применение блочного кодирования для повышения помехоустойчивости цифрового сигнала, передаваемого по радиоканалу. Расчет контрольных бит. Решение задач по применению одного контрольного бита, расчет контрольных бит матрицы. Обнаружение одиночных ошибок в приемнике, исправляющая способность блочного кодирования. Процент избыточности блочного кодирования, применяемого в системах связи.

Возможность реализации блочного кодирования делением на полином. Применение деления на полином в блочных кодерах систем радиосвязи. Небольшой процент избыточности (менее 100%), анализ причин невысокой корректирующей способности в работающих системах связи.

## **Практическое занятие 4. Сверточное кодирование и перемежение в телефоне. 1 час.**

Анализ работы сверточного кодирования для повышения помехоустойчивости цифрового сигнала, передаваемого по радиоканалу. Принцип работы схемы сверточного кодирования с использованием регистра сдвига. Расчет выходного сигнала кодера в передатчике по тактам. Составление дерева маршрутов. Расчет избыточности кодера, относительной скорости кодирования  $R$ .

Анализ сверточного декодирования потока данных в приемнике. Решение задач по работе декодера в случае приема данных из радиоканала без ошибок. Составление дерева маршрутов. Расчет расстояния Хэмминга.

Анализ работы декодера в случае приема данных из радиоканала с одной ошибкой в группе бит. Оценка исправляющей способности декодера.

Применение перемежения для повышения помехоустойчивости цифрового сигнала, передаваемого по радиоканалу. Решение задач с анализом работы блочного и диагонального перемежения. Выделение блока бит информации, перемешивание бит. Преобразование сгруппированных ошибок в одиночные ошибки.

Оценка эффективности процедуры перемежения при замираниях радиосигнала. Задержки, вносимые процедурой перемежения. Влияние задержки на качество перемешивания бит в потоке данных.

#### **Практическое занятие 5. Турбо-кодирование. 2 час.**

Анализ структурных схем турбо-кодирования, сравнение с другими видами помехоустойчивого кодирования. Оценка эффективности турбо-кодирования в высокоскоростных системах передачи данных. Сравнение структурных схем турбо-кодера и декодера. Принцип работы турбо-кодера.

Решение задачи по составлению цифровых сигналов турбо-кодера. Формирование одного блока данных на выходе передатчика. Расчет цифровых сигналов декодера при приеме данных без ошибок и с одной ошибкой в кадре.

#### **Практическое занятие 6. Эквалайзинг кодера канала. 2 час.**

Расчет амплитуды помех при многолучевом распространении радиосигнала. Смещение расположения бит в кадре. Компенсация мешающих радиосигналов с помощью эквалайзинга. Техническая реализация процедуры эквалайзинга в радиосвязи. Структурная схема эквалайзера и принцип работы схемы, реализованной на КИХ-фильтре. Оценка эффективности применения КИХ-фильтра для эквалайзинга из-за несоответствия модели фактическому многолучевому распространению радиосигнала. Решение задач, в которых КИХ-фильтр не уменьшает количество ошибок в принятом кадре из линии связи.

Решение задач по применению эквалайзинга в сотовой связи. Размещение контрольных бит в кадре. Расчет времени задержки распространения радиосигнала по различным траекториям по расположению обнаруженных ошибочных бит в контрольной сумме. Коррекция ошибок многолучевого распространения радиосигнала в пределах одного кадра. Реализация эквалайзинга изготовителями оборудования связи.

#### **Практическое занятие 7. Кодирование речевого сигнала в телефонии. 2 час.**

Анализ схем формирования речевых сигналов в двух группах методов кодирования речевого сигнала для передачи по цифровым каналам связи. Оценка сигналов при кодировании формы и кодировании источника сообщения. Кодеры ИКМ,  $\Delta$  ИКМ, адаптивное ИКМ кодирование. Расчет избыточности информации при кодировании формы сигнала. Достижение

минимальной скорости передачи данных в случае кодирования источника сообщения. Оценка быстродействия процессора, вычислительных затрат. Анализ задержек сигналов, вносимых кодерами. Чувствительность к потерям и ошибкам в сетях с коммутацией пакетов и в сетях с коммутацией каналов. Применимость методов кодирования формы сигнала и кодирования источника сообщения в сетях связи.

Применение методов кодирования в европейских стандартах связи. Анализ работы кодеров речи, применяемых в различных стандартах. Оценка качества воспроизведения речи по экспертной шкале MOS.

### **Практическое занятие 8. Синтез речевого сигнала в передатчике и приемнике. 2 час.**

Вокодерные методы воспроизведения речевого сигнала в приемнике, основанные на расчете аудиосигнала по его параметрам, полученным в передатчике на интервале стационарности. Выделение интервала времени для спектрального анализа речи. Расчет параметров речи, которые передатчик должен передать приемнику. Активизация речи из периодических импульсных сигналов, моделирующих колебания голосовых связок. Активизация речи одним импульсным сигналом, на интервале стационарности. Воспроизведение речи по импульсной характеристике цифрового фильтра.

Табличный метод определения сигнала активизации (кодовая книга). Коэффициент сжатия аудиосигнала. Программная реализация анализа входных данных через синтез с помощью сигнального микропроцессора.

Анализ работы схемы с основным тоном, одним импульсным сигналом возбуждения и переключателем вокализованных и невокализованных звуков. Цифровой фильтр приемника, моделирующий работу вокального тракта. Кратковременный спектр вокализованной речи с передаточной характеристикой вокального тракта. Форманты передаточной характеристики. Период основного тона.

Структурные схемы приемников, использующие период основного тона. Схемы с одним или несколькими импульсными сигналами возбуждения. Оценка качества речи в различных схемах синтеза речевого сигнала в приемнике.

### **Практическое занятие 9. Линейное предсказание в кодере речи. 2 час.**

Метод линейного предсказания. Применение метода в беспроводной связи. Расчет коэффициентов линейного предсказания в передатчике. Моделирование речи с помощью линейного кодера с предсказанием. Линейный фильтр с N-отводным предсказанием. Анализ параметров речевого сигнала через синтез на интервале стационарности.

Программная реализация линейного предсказания в сотовом телефоне сигнальным процессором. Моделирование воспроизведения речи в среде Matlab. Моделирующая программа по расчету коэффициентов линейного предсказания и выходного сигнала кодера речи в MATLAB.

Преобразование коэффициентов линейного предсказания в линейно-спектральные пары, нечувствительные к разрядности чисел. Программная реализация анализа входных данных через синтез с помощью сигнального микропроцессора в схемах с линейным предсказанием.

Схемы многоимпульсного возбуждения, применяемые в сотовой связи, без определения периода основного тона и классификации речевых сегментов на вокализованные и невокализованные звуки. Расчет в европейских стандартах амплитуды и положения импульсов последовательно по мере обработки одного кадра за другим. Расчет взаимного расположения импульсов с сеткой равноотстоящих импульсов. Расчет кодером положения сетки из нескольких импульсов в пределах одного кадра и определение их амплитуд.

### **Практическое занятие 10. Псевдослучайные последовательности. 2 час.**

Применение М-последовательности в качестве генератора псевдослучайной последовательности. Расчет характеристик М-последовательности: сбалансированность, цикличность, корреляционная функция. Техническая реализация генераторов ПСП. Структурная схема генератора чисел на триггерах. Принцип работы схемы генератора. Расчет выходного сигнала генератора в течение одного периода псевдослучайной последовательности. Расчет сбалансированности, цикличности, корреляционной функции генератора.

Коды Голда и коды Кассами. Правило формирования структурных схем генераторов кода Голда и кода Кассами. Формирование схемой выходного сигнала, принцип работы генератора псевдослучайной последовательности. Расчет выходного сигнала в течение одного периода псевдослучайной последовательности.

Синтез схем генераторов псевдослучайной последовательности. Решение задач с применением псевдослучайной последовательности в сотовой связи для опознавания базовой станции радиотелефонами мобильных абонентов.

### **Практическое занятие 11. Скремблирование. 1 час.**

Анализ структуры скремблирования в передатчике и дескремблирования в приемнике. Применение скремблирования для гарантированного изменения цифрового сигнала на заданном интервале времени. Синхронизация приемника с помощью генераторов с фазовой автоподстройкой частоты в волоконно-оптических высокоскоростных линиях.

Разделение сигнала, передаваемого по каналу связи, на синхросигнал и данные. Составление схемы скремблирования на основе сдвигового регистра. Расчет временной диаграммы выделения бита данных из потока в приемнике с учетом джиттера. Одноконтурные и двухконтурные схемы выделения синхросигнала. Распознавание синхросигнала в искаженном входном сигнале с помощью симметрирующего коррелятора. Применение коррелятора для распознавания синхросигнала в искаженном входном сигнале.



## **Практическое занятие 12. Измерение отношения сигнал/помеха в приёмниках. 1 час.**

Измерения в системах радиосвязи каналов приёмника абонента при помощи специальных опорных (пилотных) сигналов, передаваемых базовыми станциями на выделенных пилотных поднесущих. Описание положений пилотных поднесущих в частотно-временной области. Опорные сигналы заранее известны приёмникам пользователей.

Измерения частотной характеристики канала связи для каждой пары приёмной и передающей антенн, полученные на пилотных поднесущих. Использование измерений для восстановления передаточной функции канала на остальных символах подкадра во всей полосе частот путём интерполяции. Передача данных о канале связи от приёмника по обратному каналу связи на обслуживающую базовую станцию в специальных служебных сообщениях.

## **5. СТРУКТУРА, СОДЕРЖАНИЕ, УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ**

### **Рекомендации по самостоятельной работе студентов**

#### **План-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине**

<b>№ п/п</b>	<b>Вид самостоятельной работы</b>	<b>Дата/сроки выполнения</b>	<b>Примерные нормы времени на выполнение</b>	<b>Форма контроля</b>
1	Подготовка задач и теоретических лекционных вопросов к контрольной работе №1	1-6 недели	11 час.	Конспект с задачами
2	Подготовка к выполнению контрольной работы №1	6-ая неделя	3 час.	Контрольная работа 1
3	Подготовка задач и теоретических лекционных вопросов к контрольной работе №2	7-12 недели	10 час.	Конспект с задачами
4	Подготовка к выполнению контрольной работы №2	12-ая неделя	3 час.	Контрольная работа 2
5	Подготовка задач и теоретических лекционных вопросов к контрольной работе №3	13-17 недели	10 час.	Конспект с задачами
6	Подготовка к выполнению контрольной работы №3	17-ая неделя	3 час.	Контрольная работа 3
7	Подготовка к экзамену	18 неделя	14 час.	Экзамен, представление портфолио

## **Характеристика заданий для самостоятельной работы обучающихся и методические рекомендации по их выполнению**

Задания и методические рекомендации для самостоятельной работы обеспечивают подготовку отчетов к практическим работам. Их полное содержание приведено в программе и методических указаниях. Методические указания к лабораторным работам в электронном виде и печатном виде берутся у ведущего преподавателя.

### **Требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы**

Результаты самостоятельной работы отражаются в письменных работах (отчетах по практическим занятиям).

К представлению и оформлению отчетов по практическим работам предъявляются следующие требования.

#### **Структура отчета по практическому занятию**

Отчеты по практическим работам представляются в произвольной форме, подготовленные как записанный конспект с лекциями и решениями задач, выполненных вместе с преподавателем у доски или как текстовые документы в редакторе MSWord.

Отчет по работе должен быть обобщающим документом, включать всю информацию по выполнению заданий, в том числе, построенные диаграммы, графики, таблицы, приложения, список литературы и расчеты, сопровождая необходимыми пояснениями и иллюстрациями в виде схем, экранных форм («скриншотов») и т. д.

Структурно отчет по практической работе, как текстовый документ, комплектуется по следующей схеме:

- Тема практического занятия – обязательная компонента отчета, первая страница отчета, по принятой форме (титульный лист отчета должен размещаться в общем файле, где представлен текст отчета);
- Исходные данные к выполнению заданий – обязательная компонента отчета, с новой страницы, содержат указание варианта, темы и т. д.);
- Основная часть – материалы выполнения заданий, разбивается по рубрикам, соответствующих заданиям занятия, с иерархической структурой: разделы – подразделы – пункты – подпункты и т. д.

Рекомендуется в основной части отчета заголовки рубрик (подрубрик) давать, исходя из формулировок заданий, в форме отглагольных существительных;

- Выводы – обязательная компонента отчета, содержит обобщающие выводы по теме занятия (какие задачи решены, оценка результатов, что освоено при выполнении работы);

- Список литературы – обязательная компонента отчета, с новой страницы, содержит список источников, использованных при выполнении работы, включая электронные источники (список нумерованный, в соответствии с правилами описания библиографии);

- Приложения – необязательная компонента отчета, с новой страницы, содержит дополнительные материалы к основной части отчета.

Необходимо обратить внимание на следующие аспекты в оформлении отчетов по практическим занятиям:

- Своевременность предоставления отчета;
- Пороговый уровень количества пропущенных занятий. Если обучающийся систематически пропускает лекции и практические занятия (месяц и более), то он лишается рейтинговых баллов и автоматически общей рейтинговой оценки за семестр согласно правилам проведения рейтинговых мероприятий
- структурирование практической работы;
- оформление заголовков всех видов (рубрик-подрубрик-пунктов-подпунктов, рисунков, таблиц, приложений);
- оформление перечислений (списков с нумерацией или маркировкой);
- оформление таблиц;
- оформление иллюстраций (графики, рисунки, фотографии, схемы, «скриншоты»);
- набор и оформление математических выражений (формул);
- оформление списков литературы (библиографических описаний) и ссылок на источники, цитирования.

Рекомендации по оформлению графического материала, полученного с экранов в виде «скриншотов»

Графические копии экрана («скриншоты»), отражающие графики, диаграммы моделей, схемы, экранные формы и т. п. должны отвечать требованиям визуальной наглядности представления иллюстративного материала, как по размерам графических объектов, так и разрешающей способности отображения текстов, цветовому оформлению и другим важным пользовательским параметрам.

Рекомендуется в среде программного приложения настроить «экран» на параметры масштабирования и размещения снимаемых для иллюстрации объектов. При этом необходимо убрать «лишние» окна, команды, выделения объектов и т. п.

В перенесенных в отчет «скриншотах» рекомендуется «срезать» ненужные области, путем редактирования «изображений», а при необходимости отмасштабировать их для заполнения страницы отчета «по ширине».

«Скриншоты» в отчете оформляются как рисунки, с заголовками, помещаемыми ниже области рисунков, а в тексте должны быть ссылки на указанные рисунки.

### **Критерии оценки выполнения самостоятельной работы**

Оценивание практических работ проводится по критериям:

- полнота и качество выполненных заданий;
- владение методами и приемами компьютерного моделирования в исследуемых вопросах, применение специализированных программных средств;
- качество оформления отчета, использование правил и стандартов оформления текстовых и электронных документов;
- использование данных отечественной и зарубежной литературы, источников сети Интернет, информации нормативно правового характера и передовой практики;
- отсутствие фактических ошибок, связанных с пониманием проблемы.

### **Методические указания по подготовке к экзамену**

К концу семестра обучающийся должен отчитаться по всем видам занятий, т. е. представить отчеты, получить рейтинговую оценку по каждой контрольной работе в соответствии с темой. Темы, рассмотренные на лекционных занятиях, но не затронутые на практических занятиях, разбираются обучающимися во время самостоятельной работы.

При подготовке к экзамену необходимо представить Портфолио и повторить учебный материал, используя конспект лекций, основную и дополнительную литературу, при необходимости посетить консультации.

Структура Портфолио: 1. Название Портфолио; 2. Конспект лекций; 3. Отчеты по практическим работам; 4. Контрольные работы.

### **Задания для самостоятельной работы к практическому занятию 5.**

*Компрессия речевого сигнала в каналах цифровой передачи. Нелинейные преобразования сигнала передатчиком и приемником. Уравнения компрессии по А-закону и  $\mu$  закону. Назначение компрессии. Коэффициент усиления, коэффициент нелинейных искажений.*

### **Задания для самостоятельной работы к практическому занятию 6.**

*Структурная схема цифрового радиотелефона. Назначение блоков радиотелефона. Вид сигналов на входе и выходе блока телефона. Влияние отдельных блоков на параметры цифрового радиотелефона (полосу частот, скорость передачи).*

### **Задания для самостоятельной работы к практическому занятию 7.**

*Турбо-кодирование. Назначение турбо-кодирования, сравнение с другими видами помехоустойчивого кодирования. Эффективность турбо-*

кодирования. Структурные схемы турбо-кодера и декодера. Принцип работы турбо-кодера.

**Задания для самостоятельной работы к практическому занятию 8.**

*Нарисуйте структурную схему сверточного кодера с 4-разрядным регистром сдвига и двумя выходными сигналами. Соединения в двух сумматорах произвольные, в первом сумматоре 2 входных сигнала, во втором – 3 входных сигнала. Запишите уравнения. Составьте дерево маршрутов. Определите расстояние Хемминга в приемнике для одиночной ошибки.*

## 6. КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ КУРСА

№ п/п	Контролируемые разделы / темы дисциплины	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения	Оценочные средства	
				текущий контроль	промежуточная аттестация
1	Тема № 3,4 Блочное кодирование. Сверточное кодирование	ПК-3.1 Анализирует перспективы внедрения передового отечественного и зарубежного опыта в области предоставления услуг связи	Знает структурные схемы технических средств передачи данных по цифровым каналам связи; принципы помехоустойчивого кодирования, применяемого в проводных и беспроводных сетях;	отчет №1	контрольная работа №1
			Умеет оценивать характеристики отдельных блоков систем передачи данных; составлять алгоритмы процедур помехоустойчивого кодирования для кодеров канала;	отчет №2	контрольная работа №1
			Владеет навыками навыками работы с простыми микросхемами, применяемыми в системах передачи данных; навыками составления математических программ для моделирования сигналов кодера речи и кодера канала;	отчет №1, отчет №2	контрольная работа №1
2	Тема № 5 Перемежение в каналах радиосвязи	ПК-3.2 Выбирает технологии для предоставления различных услуг связи в соответствии с потребительским спросом	Знает влияние скорости передачи данных на помехоустойчивость передаваемой информации.	отчет №3	контрольная работа №2
			Умеет анализировать занимаемые полосы частотных каналов; проводить оценку помехоустойчивости работающей сети передачи данных; рассчитывать полосы частотных каналов для достижения необходимой скорости передачи данных.	отчет №4	контрольная работа №2

			Владеет навыками работы со справочной информацией основных стандартов телефонной связи, необходимой для проведения практических занятий; приемами выбора и применения различных способов генерации псевдослучайных сигналов в сетях связи.	отчет №3, отчет №4	контрольная работа №2
3	Тема № 7, 8 Деление на полином. Деление на полином с помощью D-триггеров.	ПК-3.3 Планирует развитие сети связи с учётом внедрения новых технологий	Знает направления развития технических средств передачи данных в системах связи и телефонии; преимущества и недостатки систем помехоустойчивого кодирования.	отчет №5	контрольная работа №3
			Умеет анализировать согласование режимов работы кодеров речи при международных соединениях в сетях телефонии; проводить мониторинг работающей телефонной сети и анализировать состояние сети по результатам измерений; измерять помехоустойчивость телефонных каналов связи.	отчет №6	контрольная работа №3
			Владеет навыками работы со справочной информацией, необходимой для проведения практических занятий;	отчет №5, отчет №6	контрольная работа №3
4	Тема № 9, 10 Турбо-кодирование. Методы кодирования речевого сигнала	ПК-7.3 Использует прикладные программы анализа и синтеза инфокоммуникационных систем, сетей и устройств	Знает проблемы работы сетей в связи с применением А-закона и $\mu$ -закона компрессии речевого сигнала; назначение процедуры скремблирования в цифровых сетях передачи данных.	отчет №7	контрольная работа №3
			Умеет применять микросхемы триггеров в схемах помехоустойчивого кодирования.	отчет №8	контрольная работа №3

			Владеет навыками приемами расчета коэффициента усиления и коэффициента нелинейных искажений в системах компрессии речевых сигналов при передаче по сетям связи.	отчет №7, отчет №8	контрольная работа №3
--	--	--	---	-----------------------	-----------------------

Типовые контрольные задания, методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности, а также критерии и показатели, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и характеризующие результаты обучения, представлены в Приложении



## 7. СПИСОК УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Основная литература

1. Голиков, А.М. Модуляция, кодирование и моделирование в телекоммуникационных системах. Теория и практика [Электронный ресурс] : учебное пособие / А. М. Голиков. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2018. — 452 с. — Режим доступа:

<https://e.lanbook.com/book/101847#authors>

2. Акулиничев Ю.П. Теория и техника передачи информации [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Акулиничев Ю.П., Бернагрдт А.С.— Электрон. текстовые данные.— Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Эль Контент, 2012.— 210 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/13984.html>

3. Маглицкий Б.Н. Методы передачи данных в сотовых системах связи [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Маглицкий Б.Н.— Электрон. текстовые данные.— Новосибирск: Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2013.— 178 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/45479.html>

4. Санников В.Г. Теория информации и кодирования [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Санников В.Г.— Электрон. текстовые данные.— М.: Московский технический университет связи и информатики, 2015.— 95 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/61558.html>

5. Лузин В. И. Основы формирования, передачи и приема цифровой информации [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Лузин В.И., Никитин Н.П., Гадзиковский В.И.— Электрон. текстовые данные.— М.: СОЛОН-ПРЕСС, 2014.— 320 с.— Режим доступа:

<http://www.iprbookshop.ru/26924.html>

## Дополнительная литература

1. Системы и сети передачи информации [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Ю.Ю. Громов [и др.].— Электрон. текстовые данные.— Тамбов: Тамбовский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2012.— 128 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/64573.html>

2. Зверева Е.Н. Сборник примеров и задач по основам теории информации и кодирования сообщений [Электронный ресурс]/ Зверева Е.Н., Лебедько Е.Г.— Электрон. текстовые данные.— СПб.: Университет ИТМО, 2014.— 76 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/68114.html>

### Перечень информационных технологий и программного обеспечения

1. Видео-конференц-связь (Платформа Microsoft Teams)
2. NI LabVIEW 2015 – пакет прикладных программ для проектирования электронных схем радиопередающих и радиоприемных устройств связи;
3. Microsoft Office Professional Plus 2016 – офисный пакет, включающий программное обеспечение для работы с различными типами документов;
4. MATLAB R2016a - пакет прикладных программ для решения задач технических вычислений и одноимённый язык программирования, используемый в этом пакете

Место расположения компьютерной техники, на котором установлено программное обеспечение, количество рабочих мест	Перечень программного обеспечения
Компьютерный класс кафедры электроники и средств связи, Ауд. E727, 10	Microsoft Office Professional Plus 2016 – офисный пакет, включающий программное обеспечение для работы с различными типами документов. NI LabVIEW 2015 – пакет прикладных программ для проектирования электронных схем радиопередающих и радиоприемных устройств связи. MATLAB R2016a - пакет прикладных программ для решения задач технических вычислений и одноимённый язык программирования, используемый в этом пакете  Платформа Microsoft Teams

## 8.МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

### 9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Учебные занятия по дисциплине могут проводиться в следующих помещениях, оснащенных соответствующим оборудованием и программным обеспечением, расположенных по адресу Приморский край, г. Владивосток, Фрунзенский р-н г., Русский Остров, ул. Аякс, п, д. 10:

Перечень материально-технического и программного обеспечения дисциплины приведен в таблице.

Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы <sup>1</sup>	Оснащенность специальных помещений и помещений для проведения учебных занятий, для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
Учебные аудитории для проведения учебных занятий:		
E727	Лекционная аудитория оборудована маркерной доской, аудиопроигрывателем, Проектором, компьютерами	Microsoft Office, NI LabVIEW 2015, MATLAB R2016a
Помещения для самостоятельной работы:		
E727 аудитория для самостоятельной работы студентов	Моноблок HP ProOne 400 All-in-One 19,5 (1600x900), Core i3-4150T, 4GB DDR3-1600 (1x4GB), 1TB HDD 7200 SATA, DVD+/-RW,GigEth,Wi-Fi,BT,usb kbd/mse,Win7Pro (64-bit)+Win8.1Pro(64-bit),1-1-1 Wty	Microsoft Office, NI LabVIEW 2015, MATLAB R2016a
Читальные залы Научной библиотеки ДВФУ с открытым доступом к фонду (корпус А - уровень 10)	Моноблок HP ProOne 400 All-in-One 19,5 (1600x900), Core i3-4150T, 4GB DDR3-1600 (1x4GB), 1TB HDD 7200 SATA, DVD+/-RW,GigEth,Wi-Fi,BT,usb kbd/mse,Win7Pro (64-bit)+Win8.1Pro(64-bit),1-1-1 Wty Скорость доступа в Интернет 500 Мбит/сек.	Microsoft Office Неисключительные права на использование ПО Microsoft рабочих станций пользователей (контракт ЭА-261-18 от 02.08.2018): - лицензия на клиентскую операционную систему; - лицензия на пакет офисных продуктов для работы с документами включая формат.docx , .xlsx , .vsd , .ptt.; - лицензия па право подключения пользователя к серверным операционным системам , используемым в ДВФУ : Microsoft Windows Server

<sup>1</sup> В соответствии с п.4.3.1 ФГОС

		<p>2008/2012; - лицензия на право подключения к серверу Microsoft Exchange Server Enterprise; - лицензия на право подключения к внутренней информационной системе документооборота и порталу с возможностью поиска информации во множестве удаленных и локальных хранилищах, ресурсах, библиотеках информации, включая порталные хранилища, используемой в ДВФУ: Microsoft SharePoint; - лицензия на право подключения к системе централизованного управления рабочими станциями, используемой в ДВФУ: Microsoft System Center.</p>
--	--	---

Для проведения учебных занятий по дисциплине, а также для организации самостоятельной работы студентам доступно специализированные кабинеты, соответствующие действующим санитарным и противопожарным нормам, а также требованиям техники безопасности при проведении учебных и научно-производственных работ.

В целях обеспечения специальных условий обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в ДВФУ все здания оборудованы пандусами, лифтами, подъемниками, специализированными местами, оснащенными туалетными комнатами, табличками информационно-навигационной поддержки

## **Х. ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

Фонды оценочных средств представлены в приложении.



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
**«Дальневосточный федеральный университет»**  
(ДВФУ)

---

**ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (ШКОЛА)**

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**  
**по дисциплине «Цифровая передача информации»**  
**Направление подготовки 11.04.02 Инфокоммуникационные технологии**  
**и системы связи**  
**Профиль «Цифровая передача информации»**  
**Форма подготовки очная**

**Владивосток**  
**2021**

**Перечень форм оценивания, применяемых на различных этапах формирования компетенций в ходе освоения дисциплины / модуля**

№ п/п	Контролируемые разделы / темы дисциплины	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения	Оценочные средства	
				текущий контроль	промежуточная аттестация
1	Тема № 3,4 Блочное кодирование. Сверточное кодирование	ПК-3.1 Анализирует перспективы внедрения передового отечественного и зарубежного опыта в области предоставления услуг связи	Знает структурные схемы технических средств передачи данных по цифровым каналам связи; принципы помехоустойчивого кодирования, применяемого в проводных и беспроводных сетях;	отчет №1	контрольная работа №1
			Умеет оценивать характеристики отдельных блоков систем передачи данных; составлять алгоритмы процедур помехоустойчивого кодирования для кодеров канала;	отчет №2	контрольная работа №1
			Владеет навыками работы с простыми микросхемами, применяемыми в системах передачи данных; навыками составления математических программ для моделирования сигналов кодера речи и кодера канала;	отчет №1, отчет №2	контрольная работа №1
2	Тема № 5 Перемежение в каналах радиосвязи	ПК-3.2 Выбирает технологии для предоставления различных услуг связи в соответствии с потребительским спросом	Знает влияние скорости передачи данных на помехоустойчивость передаваемой информации.	отчет №3	контрольная работа №2
			Умеет анализировать занимаемые полосы частотных каналов; проводить оценку помехоустойчивости работающей сети передачи данных; рассчитывать полосы частотных каналов для достижения необходимой скорости передачи данных.	отчет №4	контрольная работа №2

			Владеет навыками работы со справочной информацией основных стандартов телефонной связи, необходимой для проведения практических занятий; приемами выбора и применения различных способов генерации псевдослучайных сигналов в сетях связи.	отчет №3, отчет №4	контрольная работа №2
3	Тема № 7, 8 Деление на полином. Деление на полином с помощью D-триггеров.	ПК-3.3 Планирует развитие сети связи с учётом внедрения новых технологий	Знает направления развития технических средств передачи данных в системах связи и телефонии; преимущества и недостатки систем помехоустойчивого кодирования.	отчет №5	контрольная работа №3
			Умеет анализировать согласование режимов работы кодеров речи при международных соединениях в сетях телефонии; проводить мониторинг работающей телефонной сети и анализировать состояние сети по результатам измерений; измерять помехоустойчивость телефонных каналов связи.	отчет №6	контрольная работа №3
			Владеет навыками работы со справочной информацией, необходимой для проведения практических занятий;	отчет №5, отчет №6	контрольная работа №3
4	Тема № 9, 10 Турбо-кодирование. Методы кодирования речевого сигнала	ПК-7.3 Использует прикладные программы анализа и синтеза инфокоммуникационных систем, сетей и устройств	Знает проблемы работы сетей в связи с применением А-закона и $\mu$ -закона компрессии речевого сигнала; назначение процедуры скремблирования в цифровых сетях передачи данных.	отчет №7	контрольная работа №3
			Умеет применять микросхемы триггеров в схемах помехоустойчивого кодирования.	отчет №8	контрольная работа №3

			Владеет навыками приемами расчета коэффициента усиления и коэффициента нелинейных искажений в системах компрессии речевых сигналов при передаче по сетям связи.	отчет №7, отчет №8	контрольная работа №3
--	--	--	---	--------------------	-----------------------

### Оценочные средства для текущего контроля

Приводятся типовые оценочные средства для текущей аттестации и критерии оценки к каждому из них (оценочное средство – пример заданий – критерий оценки). Должно быть столько оценочных средств, сколько заявлено в таблице выше и в п.6 РПД в столбце «Текущий контроль».

### Оценочные средства для промежуточной аттестации

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения	Шкала оценивания промежуточной аттестации			
		Неудовлетворительн о	Удовлетворительн о	Хорошо	Отлично
ПК-3.1 Анализирует перспективы внедрения передового отечественного и зарубежного опыта в области предоставления услуг связи	Знает структурные схемы технических средств передачи данных по цифровым каналам связи; принципы помехоустойчивого кодирования, применяемого в проводных и беспроводных сетях;	<i>Знать, что такое проводные и беспроводные сети, принцип их работы</i>	<i>Знать принципы кодирования</i>	<i>Знать структурные схемы средств передачи по цифровым каналам, их составляющих</i>	<i>Знать структурные схемы средств передачи по цифровым каналам, четкое понимание каждого элемента схемы</i>
	Умеет оценивать характеристики отдельных блоков систем передачи данных; составлять алгоритмы процедур помехоустойчивого кодирования для кодеров канала;	<i>Уметь передавать данные по рассматриваемому каналу связи</i>	<i>Уметь анализировать помехоустойчивость каналов</i>	<i>Уметь использовать алгоритмы помехоустойчивого кодирования</i>	<i>Уметь строить системы передачи данных</i>



	Владеет навыками работы с простыми микросхемами, применяемыми в системах передачи данных; навыками составления математических программ для моделирования сигналов кодера речи и кодера канала;	<i>Владеть навыком моделирования сигналов кодера канала</i>	<i>Владеть навыком моделирования сигналов кодера речи</i>	<i>Владеть навыком составления математических программ</i>	<i>Владеть навыком работы с микросхемами, их настройкой и эксплуатацией</i>
ПК-3.2 Выбирает технологии для предоставления различных услуг связи в соответствии с потребительским спросом	Знает влияние скорости передачи данных на помехоустойчивость передаваемой информации.	<i>Знать определение скорости передачи данных</i>	<i>Знать формулу скорости передаваемых данных</i>	<i>Знать зависимость скорости передаваемых данных от среды передачи</i>	<i>Знать влияние скорости передачи данных на помехоустойчивость рассматриваемой системы связи</i>
	Умеет анализировать занимаемые полосы частотных каналов; проводить оценку помехоустойчивости работающей сети передачи данных; рассчитывать полосы частотных каналов для достижения необходимой скорости передачи данных.	<i>Уметь снимать спектры сигналов</i>	<i>Уметь анализировать спектр сигнала</i>	<i>Уметь рассчитывать полосы частотных каналов</i>	<i>Уметь анализировать реальные занимаемые полосы частотных каналов</i>
	Владеет навыками работы со справочной информацией основных стандартов телефонной связи, необходимой для проведения практических занятий;	<i>Владеть навыком по анализу способов генерации сигналов</i>	<i>Владеть навыком по анализу справочной информации</i>	<i>Владеть навыком применения различных способов генерации сигналов</i>	<i>Владеть навыком работы со справочной информацией стандартов телефонной связи</i>

	приемами выбора и применения различных способов генерации псевдослучайных сигналов в сетях связи.				
ПК-3.3 Планирует развитие сети связи с учётом внедрения новых технологий	Знает направления развития технических средств передачи данных в системах связи и телефонии; преимущества и недостатки систем помехоустойчивого кодирования.	<i>Знать технические средства передачи данных в телефонии</i>	<i>Знать технические средства передачи данных в системах связи</i>	<i>Знать направления развития технических средств передачи данных в системах связи и телефонии</i>	<i>Знать преимущества и недостатки систем помехоустойчивого кодирования</i>
	Умеет анализировать согласование режимов работы кодеров речи при международных соединениях в сетях телефонии; проводить мониторинг работающей телефонной сети и анализировать состояние сети по результатам измерений; измерять помехоустойчивость телефонных каналов связи.	<i>Уметь анализировать полученные данные при измерении помехоустойчивости</i>	<i>Уметь измерять помехоустойчивость телефонных каналов связи</i>	<i>Уметь проводить мониторинг работающей телефонной сети и анализировать состояние сети по результатам измерений</i>	<i>Уметь анализировать согласование режимов работы кодеров речи при международных соединениях в сетях телефонии</i>
	Владеет навыками работы со справочной информацией, необходимой для проведения практических занятий;	<i>Владеть навыками по поиску информации</i>	<i>Владеть источниками для поиска информации</i>	<i>Владеть знаниями по организации практики</i>	<i>Владеть навыками работы со справочной информацией</i>
ПК-7.3 Использует прикладные программы анализа и синтеза инфокоммуникационны	Знает проблемы работы сетей в связи с применением А-закона и $\mu$ -закона компрессии речевого сигнала;	<i>Знать Определение А-закона</i>	<i>Знать определение <math>\mu</math>-закона</i>	<i>Знать назначение процедуры скремблирования в</i>	<i>Знать проблемы работы сетей в связи с применением А-</i>

х систем, сетей и устройств	назначение процедуры скремблирования в цифровых сетях передачи данных.			<i>цифровых сетях передачи данных.</i>	<i>закона и <math>\mu</math>-закона компрессии речевого сигнала</i>
	Умеет применять микросхемы триггеров в схемах помехоустойчивого кодирования.	<i>Уметь описывать полученные схемы</i>	<i>Уметь определять виды триггеров</i>	<i>Уметь определять нужные микросхемы</i>	<i>Уметь применять микросхемы триггеров в схемах помехоустойчивого кодирования.</i>
	Владеет навыками, приемами расчета коэффициента усиления и коэффициента нелинейных искажений в системах компрессии речевых сигналов при передаче по сетям связи.	<i>Владеет навыками по повышению качества передачи</i>	<i>Владеет навыками по снижению искажений</i>	<i>Владеет навыками по анализу нелинейных искажений в системах</i>	<i>Владеет навыками, приемами расчета коэффициента усиления и коэффициента нелинейных искажений в системах компрессии речевых сигналов при передаче по сетям связи.</i>

## Перечень вопросов, выносимых на экзамен

1. Компрессия речевого сигнала в каналах цифровой передачи. Нелинейные преобразования сигнала передатчиком и приемником. Уравнения компрессии по А-закону и  $\mu$  закону. Назначение компрессии. Коэффициент усиления, коэффициент нелинейных искажений.
2. Структурная схема цифрового радиотелефона. Назначение блоков. Вид сигналов на входе и выходе блока телефона. Влияние отдельных блоков на параметры цифрового радиотелефона (полосу частот, скорость передачи).
3. Применение блочного кодирования для повышения помехоустойчивости цифрового сигнала, передаваемого по радиоканалу. Способы формирования контрольных бит. Применение одного контрольного бита, расчет контрольных бит матрицы.
4. Применение сверточного кодирования для повышения помехоустойчивости цифрового сигнала, передаваемого по радиоканалу. Принцип работы схемы сверточного кодирования с использованием трехразрядного регистра сдвига. Формирование выходного сигнала кодера в передатчике по тактам. Дерево маршрутов. Избыточность кодера, относительная скорость кодирования  $R$ .
5. Сверточное кодирование. Принцип декодирования потока данных в приемнике. Пример работы декодера в случае приема данных из радиоканала без ошибок. Дерево маршрутов. Расстояние Хэмминга.
6. Сверточное кодирование. Принцип декодирования потока данных в приемнике. Пример работы декодера в случае приема данных из радиоканала с одной ошибкой в группе бит. Дерево маршрутов. Расстояние Хэмминга. Исправляющая способность декодера.
7. Применение перемежения для повышения помехоустойчивости цифрового сигнала, передаваемого по радиоканалу. Принцип работы блочного и диагонального перемежения. Эффективность процедуры перемежения при замираниях радиосигнала.
8. Эквалайзинг. Назначение процедуры эквалайзинга в радиосвязи. Структурная схема эквалайзера и принцип работы схемы, реализованной на КИХ-фильтре. Реализация эквалайзинга в сотовой связи стандарта GSM.
9. Турбо-кодирование. Назначение турбо-кодирования, сравнение с другими видами помехоустойчивого кодирования. Эффективность турбо-кодирования. Структурные схемы турбо-кодера и декодера. Принцип работы турбо-кодера.
10. Пример работы турбо-кодера с относительной скоростью кодирования  $R=1/3$ . Формирование одного блока данных на выходе передатчика при поступлении на его вход 12 информационных бит. Определение количества выходных бит, передаваемых приемнику. Обозначение выходных сигналов турбо-кодера.
11. Пример работы турбо-декодера с относительной скоростью кодирования  $R=1/3$ . Обозначение входных сигналов турбо-кодера: исходный блок  $X$ , контрольные суммы  $Y$ . Формирование потоков бит на выходе 1-го и 2-го декодера. Определение цифровых сигналов декодера при приеме данных без ошибок и с одной ошибкой в кадре.
12. Деление на полином. Способы реализации деления на полином в кодере канала. Отличие структурных схем, выполняющих операции деления и умножения. Пример структурной схемы деления и схемы деления с умножением.
13. Деление на полином. Обнаружение и исправление ошибок с помощью синдрома. Пример составления таблицы, содержащей синдромы одиночных ошибок для исправления их приемником.
14. Техническая реализация деления на полином с помощью D-триггеров. Составление структурной схемы деления на образующий полином на основе триггеров. Переход к электрической схеме деления на полином с помощью микросхем D-триггеров.

15. Структурная схема деления на образующий полином на основе триггеров. Пример составления таблицы потактовой работы структурной схемы на триггерах. Получение в схеме остатка от деления 4-разрядного двоичного числа на образующий полином 2-го порядка.
16. Применение M-последовательности в качестве генератора псевдослучайной последовательности. Свойства M-последовательности: сбалансированность, цикличность, корреляционная функция.
17. Коды Голда и коды Кассами. Структурные схемы генераторов кода Голда и кода Кассами. Формирование схем, принцип работы генератора псевдослучайной последовательности.
18. Скремблирование. Назначение скремблера, структура скремблирования в передатчике дескремблирования в приемнике.
19. Две группы методов кодирования речевого сигнала для передачи по цифровым каналам связи. Сравнение кодирования формы сигнала и кодирования источника сообщения. Оценка качества воспроизведения речи по шкале MOS.
20. Метод линейного предсказания. Применение метода в беспроводной связи. Расчет коэффициентов линейного предсказания в передатчике.

### **Комплект заданий для контрольной работы**

#### **Вариант 1**

##### **Задача 1**

Нарисуйте график выходного напряжения компрессора  $U_{\text{вых}}(t)$ , работающего по А-закону, при входном напряжении  $U_{\text{вх}}(t) = 1,5 \sin 450 t$ . Максимальное входное и выходное напряжение равно 3В. Количество точек на период – не меньше 20, в случае дискретного графика. На осях графиков необходимо указать масштабы по времени и напряжению. Определите эквивалентный коэффициент усиления компрессора.

##### **Задача 2**

На вход экспандера поступает сигнал с выхода компрессора, определенный в задаче 1. Экспандер работает по  $\mu$ -закону с коэффициентом 100. Максимальное напряжение экспандера равно 3В. Нарисуйте график выходного напряжения экспандера  $U_{\text{вых}}(t)$ . На графике необходимо указать масштабы. Определите коэффициент нелинейных искажений.

##### **Задача 3**

Нарисуйте структурную схему сверточного кодера с 4-разрядным регистром сдвига и двумя выходными сигналами. Соединения в двух сумматорах произвольные, но не менее 2 сигналов в каждом. Запишите уравнения. Составьте дерево маршрутов.

##### **Задача 4**

Составьте таблицу возможных маршрутов для приемника по условиям задачи 2. Выберите один маршрут из таблицы. Внесите одну ошибку в принятый сигнал приемником. Определите расстояние Хэмминга для всех возможных вариантов декодирования сигналов в приемнике.

Теоретический вопрос:

Компрессия речевого сигнала в каналах цифровой передачи. Нелинейные преобразования сигнала передатчиком и приемником. Уравнения компрессии по А-закону и  $\mu$  закону. Назначение компрессии.

Вариант 2

Задача 1

Нарисуйте график выходного напряжения компрессора  $U_{\text{вых}}(t)$ , работающего по  $\mu$ -закону ( $\mu=255$ ), при входном напряжении  $U_{\text{вх}}(t) = 0,5 \sin 150 t$ . Максимальное входное и выходное напряжение равно 3,5 В. Количество точек на период – не меньше 20, в случае дискретного графика. На осях графиков необходимо указать масштабы по времени и напряжению. Определите эквивалентный коэффициент усиления компрессора.

Задача 2

На вход экспандера поступает сигнал с выхода компрессора, определенный в задаче 1. Экспандер работает по А-закону. Максимальное напряжение экспандера равно 3,5 В. Нарисуйте график выходного напряжения экспандера  $U_{\text{вых}}(t)$ . Количество точек  $\geq 20$ . На графике указать масштабы. Определите коэффициент нелинейных искажений.

Задача 3

Нарисуйте структурную схему сверточного кодера с 4-разрядным регистром сдвига и двумя выходными сигналами. Соединения в двух сумматорах произвольные, но не менее 2 сигналов в каждом. Запишите уравнения. Составьте дерево маршрутов.

Задача 4

Составьте таблицу возможных маршрутов для приемника по условиям задачи 2. Выберите один маршрут из таблицы. Внесите одну ошибку в принятый сигнал приемником. Определите расстояние Хэмминга для всех возможных вариантов декодирования сигналов в приемнике.

Теоретический вопрос

Структурная схема цифрового радиотелефона. Назначение блоков. Вид сигналов на входе и выходе блока телефона. Влияние отдельных блоков на параметры цифрового радиотелефона (полосу частот, скорость передачи).

Контрольная работа №1 “Цифровая передача информации” магистры

Вариант 3

Задача 1

Нарисуйте график выходного напряжения компрессора  $U_{\text{вых}}(t)$ , работающего по А-закону, при входном напряжении  $U_{\text{вх}}(t) = 0,2 \sin 900 t$ . Максимальное входное и выходное напряжение равно 4В. Количество точек на период – не меньше 20, в случае дискретного графика. На осях графиков необходимо указать масштабы по времени и напряжению. Определите эквивалентный коэффициент усиления компрессора.

Задача 2

На вход экспандера поступает сигнал с выхода компрессора, определенный в задаче 1. Экспандер работает по  $\mu$ -закону с коэффициентом 255. Максимальное напряжение экспандера равно 4В. Нарисуйте график выходного напряжения экспандера  $U_{\text{вых}}(t)$ . На графике необходимо указать масштабы. Определите коэффициент нелинейных искажений.

Задача 3

Нарисуйте структурную схему сверточного кодера с 4-разрядным регистром сдвига и двумя выходными сигналами. Соединения в двух сумматорах произвольные, но не менее 2 сигналов в каждом. Запишите уравнения. Составьте дерево маршрутов.

Задача 4

Составьте таблицу возможных маршрутов для приемника по условиям задачи 2. Выберите один маршрут из таблицы. Внесите одну ошибку в принятый сигнал приемником. Определите расстояние Хэмминга для всех возможных вариантов декодирования сигналов в приемнике.

Теоретический вопрос:

Применение блочного кодирования для повышения помехоустойчивости цифрового сигнала, передаваемого по радиоканалу. Способы формирования контрольных бит. Применение одного контрольного бита, расчет контрольных бит матрицы.

## Вариант 4

### Задача 1

Нарисуйте график выходного напряжения компрессора  $U_{\text{вых}}(t)$ , работающего по  $\mu$ -закону ( $\mu=100$ ), при входном напряжении  $U_{\text{вх}}(t) = 2,5 \sin 1200 t$ . Максимальное входное и выходное напряжение равно 4,5 В. Количество точек на период – не меньше 20, в случае дискретного графика. На осях графиков необходимо указать масштабы по времени и напряжению. Определите эквивалентный коэффициент усиления компрессора.

### Задача 2

На вход экспандера поступает сигнал с выхода компрессора, определенный в задаче 1. Экспандер работает по А-закону. Максимальное напряжение экспандера равно 4,5 В. Нарисуйте график выходного напряжения экспандера  $U_{\text{вых}}(t)$ . Количество точек  $\geq 20$ . На графике указать масштабы. Определите коэффициент нелинейных искажений.

### Задача 3

Нарисуйте структурную схему сверточного кодера с 4-разрядным регистром сдвига и двумя выходными сигналами. Соединения в двух сумматорах произвольные, но не менее 2 сигналов в каждом. Запишите уравнения. Составьте дерево маршрутов.

### Задача 4

Составьте таблицу возможных маршрутов для приемника по условиям задачи 2. Выберите один маршрут из таблицы. Внесите одну ошибку в принятый сигнал приемником. Определите расстояние Хэмминга для всех возможных вариантов декодирования сигналов в приемнике.

### Теоретический вопрос

Сверточное кодирование. Принцип работы схемы сверточного кодирования с использованием трехразрядного регистра сдвига. Выходной сигнал передатчика. Дерево маршрутов. Избыточность кодера, относительная скорость кодирования  $R$ .

## Контрольная работа №1 “Цифровая передача информации” магистры

### Вариант 5

### Задача 1

Нарисуйте график выходного напряжения компрессора  $U_{\text{вых}}(t)$ , работающего по А-закону, при входном напряжении  $U_{\text{вх}}(t) = 0,1 \sin 1500 t$ . Максимальное входное и выходное напряжение равно 5В. Количество точек на период – не меньше



20, в случае дискретного графика. На осях графиков необходимо указать масштабы по времени и напряжению. Определите эквивалентный коэффициент усиления компрессора.

#### Задача 2

На вход экспандера поступает сигнал с выхода компрессора, определенный в задаче 1. Экспандер работает по  $\mu$ -закону с коэффициентом 100. Максимальное напряжение экспандера равно 5В. Нарисуйте график выходного напряжения экспандера  $U_{\text{вых}}(t)$ . На графике необходимо указать масштабы. Определите коэффициент нелинейных искажений.

#### Задача 3

Нарисуйте структурную схему сверточного кодера с 4-разрядным регистром сдвига и двумя выходными сигналами. Соединения в двух сумматорах произвольные, но не менее 2 сигналов в каждом. Запишите уравнения. Составьте дерево маршрутов.

#### Задача 4

Составьте таблицу возможных маршрутов для приемника по условиям задачи 2. Выберите один маршрут из таблицы. Внесите одну ошибку в принятый сигнал приемником. Определите расстояние Хэмминга для всех возможных вариантов декодирования сигналов в приемнике.

#### Теоретический вопрос:

Сверточное кодирование: принцип декодирования потока данных в приемнике. Пример работы декодера в случае приема данных из радиоканала без ошибок. Дерево маршрутов. Расстояние Хэмминга.

#### Вариант 6

#### Задача 1

Нарисуйте график выходного напряжения компрессора  $U_{\text{вых}}(t)$ , работающего по  $\mu$ -закону ( $\mu=255$ ), при входном напряжении  $U_{\text{вх}}(t) = 0,7 \sin 1800 t$ . Максимальное входное и выходное напряжение равно 3,3 В. Количество точек на период – не меньше 20, в случае дискретного графика. На осях графиков необходимо указать масштабы по времени и напряжению. Определите эквивалентный коэффициент усиления компрессора.

#### Задача 2

На вход экспандера поступает сигнал с выхода компрессора, определенный в задаче 1.

Экспандер работает по А-закону. Максимальное напряжение экспандера равно 3,3 В. Нарисуйте график выходного напряжения экспандера  $U_{\text{вых}}(t)$ . Количество точек  $\geq 20$ . На графике указать масштабы. Определите коэффициент нелинейных искажений.

#### Задача 3

Нарисуйте структурную схему сверточного кодера с 4-разрядным регистром сдвига и двумя выходными сигналами. Соединения в двух сумматорах произвольные, но не менее 2 сигналов в каждом. Запишите уравнения. Составьте дерево маршрутов.

#### Задача 4

Составьте таблицу возможных маршрутов для приемника по условиям задачи 2. Выберите один маршрут из таблицы. Внесите одну ошибку в принятый сигнал приемником. Определите расстояние Хэмминга для всех возможных вариантов декодирования сигналов в приемнике.

#### Теоретический вопрос

Сверточное кодирование: принцип декодирования потока данных в приемнике. Пример работы декодера в случае приема данных из радиоканала с одной ошибкой в группе бит. Дерево маршрутов. Расстояние Хэмминга. Исправляющая способность декодера.

### Контрольная работа №1 “Цифровая передача информации” магистры

#### Вариант 7

#### Задача 1

Нарисуйте график выходного напряжения компрессора  $U_{\text{вых}}(t)$ , работающего по А-закону, при входном напряжении  $U_{\text{вх}}(t) = 1.1 \sin 2100 t$ . Максимальное входное и выходное напряжение равно 4.3 В. Количество точек на период – не меньше 20, в случае дискретного графика. На осях графиков необходимо указать масштабы по времени и напряжению. Определите эквивалентный коэффициент усиления компрессора.

#### Задача 2

На вход экспандера поступает сигнал с выхода компрессора, определенный в задаче 1. Экспандер работает по  $\mu$ -закону с коэффициентом 255. Максимальное напряжение экспандера равно 4.3В. Нарисуйте график выходного напряжения экспандера  $U_{\text{вых}}(t)$ . На графике указать масштабы. Определите коэффициент нелинейных искажений.

### Задача 3

Нарисуйте структурную схему сверточного кодера с 4-разрядным регистром сдвига и двумя выходными сигналами. Соединения в двух сумматорах произвольные, но не менее 2 сигналов в каждом. Запишите уравнения. Составьте дерево маршрутов.

### Задача 4

Составьте таблицу возможных маршрутов для приемника по условиям задачи 2. Выберите один маршрут из таблицы. Внесите одну ошибку в принятый сигнал приемником. Определите расстояние Хэмминга для всех возможных вариантов декодирования сигналов в приемнике.

### Теоретический вопрос:

Применение перемежения для повышения помехоустойчивости цифрового сигнала, передаваемого по радиоканалу. Принцип работы блочного и диагонального перемежения. Эффективность процедуры перемежения при замираниях радиосигнала.

### Вариант 8

#### Задача 1

Нарисуйте график выходного напряжения компрессора  $U_{\text{вых}}(t)$ , работающего по  $\mu$ -закону ( $\mu=100$ ), при входном напряжении  $U_{\text{вх}}(t) = 2,9 \sin 2800 t$ . Максимальное входное и выходное напряжение равно 3,4 В. Количество точек на период – не меньше 20, в случае дискретного графика. На осях графиков необходимо указать масштабы по времени и напряжению. Определите эквивалентный коэффициент усиления компрессора.

#### Задача 2

На вход экспандера поступает сигнал с выхода компрессора, определенный в задаче 1. Экспандер работает по А-закону. Максимальное напряжение экспандера равно 3,4 В. Нарисуйте график выходного напряжения экспандера  $U_{\text{вых}}(t)$ . Количество точек  $\geq 20$ . На графике указать масштабы. Определите коэффициент нелинейных искажений.

#### Задача 3

Нарисуйте структурную схему сверточного кодера с 4-разрядным регистром сдвига и двумя выходными сигналами. Соединения в двух сумматорах произвольные, но не менее 2 сигналов в каждом. Запишите уравнения. Составьте дерево маршрутов.

#### Задача 4

Составьте таблицу возможных маршрутов для приемника по условиям задачи 2. Выберите один маршрут из таблицы. Внесите одну ошибку в принятый сигнал приемником. Определите расстояние Хэмминга для всех возможных вариантов декодирования сигналов в приемнике.

#### Теоретический вопрос

Эквалайзинг. Назначение процедуры эквалайзинга в радиосвязи. Структурная схема эквалайзера и принцип работы схемы, реализованной на КИХ-фильтре. Реализация эквалайзинга в сотовой связи стандарта GSM.

#### Контрольная работа №1 “Цифровая передача информации” магистры

#### Вариант 9

#### Задача 1

Нарисуйте график выходного напряжения компрессора  $U_{\text{вых}}(t)$ , работающего по А-закону, при входном напряжении  $U_{\text{вх}}(t) = 3,1 \sin 3400 t$ . Максимальное входное и выходное напряжение равно 4.8 В. Количество точек на период – не меньше 20, в случае дискретного графика. На осях графиков необходимо указать масштабы по времени и напряжению. Определите эквивалентный коэффициент усиления компрессора.

#### Задача 2

На вход экспандера поступает сигнал с выхода компрессора, определенный в задаче 1. Экспандер работает по  $\mu$ -закону с коэффициентом 100. Максимальное напряжение экспандера равно 4.8 В. Нарисуйте график выходного напряжения экспандера  $U_{\text{вых}}(t)$ . На графике необходимо указать масштабы. Определите коэффициент нелинейных искажений.

#### Задача 3

Нарисуйте структурную схему сверточного кодера с 4-разрядным регистром сдвига и двумя выходными сигналами. Соединения в двух сумматорах произвольные, но не менее 2 сигналов в каждом. Запишите уравнения. Составьте дерево маршрутов.

#### Задача 4

Составьте таблицу возможных маршрутов для приемника по условиям задачи 2. Выберите один маршрут из таблицы. Внесите одну ошибку в принятый сигнал приемником. Определите расстояние Хэмминга для всех возможных вариантов декодирования сигналов в приемнике.

### Теоретический вопрос:

Компрессия речевого сигнала в каналах цифровой передачи. Нелинейные преобразования сигнала передатчиком и приемником. Уравнения компрессии по А-закону и  $\mu$  закону. Назначение компрессии.

### Вариант 10

#### Задача 1

Нарисуйте график выходного напряжения компрессора  $U_{\text{вых}}(t)$ , работающего по  $\mu$ -закону ( $\mu=255$ ), при входном напряжении  $U_{\text{вх}}(t) = 0,05 \sin 4200 t$ . Максимальное входное и выходное напряжение равно 3,8 В. Количество точек на период – не меньше 20, в случае дискретного графика. На осях графиков необходимо указать масштабы по времени и напряжению. Определите эквивалентный коэффициент усиления компрессора.

#### Задача 2

На вход экспандера поступает сигнал с выхода компрессора, определенный в задаче 1. Экспандер работает по А-закону. Максимальное напряжение экспандера равно 3,8 В. Нарисуйте график выходного напряжения экспандера  $U_{\text{вых}}(t)$ . Количество точек  $\geq 20$ . На графике указать масштабы. Определите коэффициент нелинейных искажений.

#### Задача 3

Нарисуйте структурную схему сверточного кодера с 4-разрядным регистром сдвига и двумя выходными сигналами. Соединения в двух сумматорах произвольные, но не менее 2 сигналов в каждом. Запишите уравнения. Составьте дерево маршрутов.

#### Задача 4

Составьте таблицу возможных маршрутов для приемника по условиям задачи 2. Выберите один маршрут из таблицы. Внесите одну ошибку в принятый сигнал приемником. Определите расстояние Хэмминга для всех возможных вариантов декодирования сигналов в приемнике.

### Теоретический вопрос

Структурная схема цифрового радиотелефона. Назначение блоков. Вид сигналов на входе и выходе блока телефона. Влияние отдельных блоков на параметры цифрового радиотелефона (полосу частот, скорость передачи).

Контрольная работа №1 “Цифровая передача информации” магистры

Вариант 11

Задача 1

Нарисуйте график выходного напряжения компрессора  $U_{\text{вых}}(t)$ , работающего по А-закону, при входном напряжении  $U_{\text{вх}}(t) = 4,5 \sin 5400 t$ . Максимальное входное и выходное напряжение равно 4.6 В. Количество точек на период – не меньше 20, в случае дискретного графика. На осях графиков необходимо указать масштабы по времени и напряжению. Определите эквивалентный коэффициент усиления компрессора.

Задача 2

На вход экспандера поступает сигнал с выхода компрессора, определенный в задаче 1. Экспандер работает по  $\mu$ -закону с коэффициентом 255. Максимальное напряжение экспандера равно 4.6 В. Нарисуйте график выходного напряжения экспандера  $U_{\text{вых}}(t)$ . На графике указать масштабы. Определите коэффициент нелинейных искажений.

Задача 3

Нарисуйте структурную схему сверточного кодера с 4-разрядным регистром сдвига и двумя выходными сигналами. Соединения в двух сумматорах произвольные, но не менее 2 сигналов в каждом. Запишите уравнения. Составьте дерево маршрутов.

Задача 4

Составьте таблицу возможных маршрутов для приемника по условиям задачи 2. Выберите один маршрут из таблицы. Внесите одну ошибку в принятый сигнал приемником. Определите расстояние Хэмминга для всех возможных вариантов декодирования сигналов в приемнике.

Теоретический вопрос:

Применение блочного кодирования для повышения помехоустойчивости цифрового сигнала, передаваемого по радиоканалу. Способы формирования контрольных бит. Применение одного контрольного бита, расчет контрольных бит матрицы.

Вариант 12

Задача 1

Нарисуйте график выходного напряжения компрессора  $U_{\text{вых}}(t)$ , работающего по  $\mu$ -закону ( $\mu=100$ ), при входном напряжении  $U_{\text{вх}}(t) = 2,1 \sin 6500 t$ . Максимальное входное и выходное напряжение равно 3,2 В. Количество точек на

период – не меньше 20, в случае дискретного графика. На осях графиков необходимо указать масштабы по времени и напряжению. Определите эквивалентный коэффициент усиления компрессора.

#### Задача 2

На вход экспандера поступает сигнал с выхода компрессора, определенный в задаче 1. Экспандер работает по А-закону. Максимальное напряжение экспандера равно 3,2 В. Нарисуйте график выходного напряжения экспандера  $U_{\text{вых}}(t)$ . Количество точек  $\geq 20$ . На графике указать масштабы. Определите коэффициент нелинейных искажений.

#### Задача 3

Нарисуйте структурную схему сверточного кодера с 4-разрядным регистром сдвига и двумя выходными сигналами. Соединения в двух сумматорах произвольные, но не менее 2 сигналов в каждом. Запишите уравнения. Составьте дерево маршрутов.

#### Задача 4

Составьте таблицу возможных маршрутов для приемника по условиям задачи 2. Выберите один маршрут из таблицы. Внесите одну ошибку в принятый сигнал приемником. Определите расстояние Хэмминга для всех возможных вариантов декодирования сигналов в приемнике.

#### Теоретический вопрос

Сверточное кодирование. Принцип работы схемы сверточного кодирования с использованием трехразрядного регистра сдвига. Выходной сигнал передатчика. Дерево маршрутов. Избыточность кодера, относительная скорость кодирования  $R$ .

### Контрольная работа №1 “Цифровая передача информации” магистры

#### Вариант 13

#### Задача 1

Нарисуйте график выходного напряжения компрессора  $U_{\text{вых}}(t)$ , работающего по А-закону, при входном напряжении  $U_{\text{вх}}(t) = 1,8 \sin 7800 t$ . Максимальное входное и выходное напряжение равно 5.4 В. Количество точек на период – не меньше 20, в случае дискретного графика. На осях графиков необходимо указать масштабы по времени и напряжению. Определите эквивалентный коэффициент усиления компрессора.

#### Задача 2

На вход экспандера поступает сигнал с выхода компрессора, определенный в задаче 1.

Экспандер работает по  $\mu$ -закону с коэффициентом 100. Максимальное напряжение экспандера равно 5,4 В. Нарисуйте график выходного напряжения экспандера  $U_{\text{вых}}(t)$ . На графике необходимо указать масштабы. Определите коэффициент нелинейных искажений.

#### Задача 3

Нарисуйте структурную схему сверточного кодера с 4-разрядным регистром сдвига и двумя выходными сигналами. Соединения в двух сумматорах произвольные, но не менее 2 сигналов в каждом. Запишите уравнения. Составьте дерево маршрутов.

#### Задача 4

Составьте таблицу возможных маршрутов для приемника по условиям задачи 2. Выберите один маршрут из таблицы. Внесите одну ошибку в принятый сигнал приемником. Определите расстояние Хэмминга для всех возможных вариантов декодирования сигналов в приемнике.

#### Теоретический вопрос:

Сверточное кодирование: принцип декодирования потока данных в приемнике. Пример работы декодера в случае приема данных из радиоканала без ошибок. Дерево маршрутов. Расстояние Хэмминга.

#### Вариант 14

#### Задача 1

Нарисуйте график выходного напряжения компрессора  $U_{\text{вых}}(t)$ , работающего по  $\mu$ -закону ( $\mu=255$ ), при входном напряжении  $U_{\text{вх}}(t) = 1,3 \sin 8200 t$ . Максимальное входное и выходное напряжение равно 3,6 В. Количество точек на период – не меньше 20, в случае дискретного графика. На осях графиков необходимо указать масштабы по времени и напряжению. Определите эквивалентный коэффициент усиления компрессора.

#### Задача 2

На вход экспандера поступает сигнал с выхода компрессора, определенный в задаче 1. Экспандер работает по А-закону. Максимальное напряжение экспандера равно 3,6 В. Нарисуйте график выходного напряжения экспандера  $U_{\text{вых}}(t)$ . Количество точек  $\geq 20$ . На графике указать масштабы. Определите коэффициент нелинейных искажений.

#### Задача 3



Нарисуйте структурную схему сверточного кодера с 4-разрядным регистром сдвига и двумя выходными сигналами. Соединения в двух сумматорах произвольные, но не менее 2 сигналов в каждом. Запишите уравнения. Составьте дерево маршрутов.

#### Задача 4

Составьте таблицу возможных маршрутов для приемника по условиям задачи 2. Выберите один маршрут из таблицы. Внесите одну ошибку в принятый сигнал приемником. Определите расстояние Хэмминга для всех возможных вариантов декодирования сигналов в приемнике.

#### Теоретический вопрос

Сверточное кодирование: принцип декодирования потока данных в приемнике. Пример работы декодера в случае приема данных из радиоканала с одной ошибкой в группе бит. Дерево маршрутов. Расстояние Хэмминга. Исправляющая способность декодера.

### Контрольная работа №1 “Цифровая передача информации” магистры

#### Вариант 15

#### Задача 1

Нарисуйте график выходного напряжения компрессора  $U_{\text{вых}}(t)$ , работающего по А-закону, при входном напряжении  $U_{\text{вх}}(t) = 0.15 \sin 9100 t$ . Максимальное входное и выходное напряжение равно 3.7 В. Количество точек на период – не меньше 20, в случае дискретного графика. На осях графиков необходимо указать масштабы по времени и напряжению. Определите эквивалентный коэффициент усиления компрессора.

#### Задача 2

На вход экспандера поступает сигнал с выхода компрессора, определенный в задаче 1. Экспандер работает по  $\mu$ -закону с коэффициентом 255. Максимальное напряжение экспандера равно 3.7В. Нарисуйте график выходного напряжения экспандера  $U_{\text{вых}}(t)$ . На графике указать масштабы. Определите коэффициент нелинейных искажений.

#### Задача 3

Нарисуйте структурную схему сверточного кодера с 4-разрядным регистром сдвига и двумя выходными сигналами. Соединения в двух сумматорах произвольные, но не менее 2 сигналов в каждом. Запишите уравнения. Составьте дерево маршрутов.

#### Задача 4

Составьте таблицу возможных маршрутов для приемника по условиям задачи 2. Выберите один маршрут из таблицы. Внесите одну ошибку в принятый сигнал приемником. Определите расстояние Хэмминга для всех возможных вариантов декодирования сигналов в приемнике.

Теоретический вопрос:

Применение перемежения для повышения помехоустойчивости цифрового сигнала, передаваемого по радиоканалу. Принцип работы блочного и диагонального перемежения. Эффективность процедуры перемежения при замираниях радиосигнала.

Вариант 16

Задача 1

Нарисуйте график выходного напряжения компрессора  $U_{\text{вых}}(t)$ , работающего по  $\mu$ -закону ( $\mu=100$ ), при входном напряжении  $U_{\text{вх}}(t) = 0,35 \sin 640 t$ . Максимальное входное и выходное напряжение равно 4,7 В. Количество точек на период – не меньше 20, в случае дискретного графика. На осях графиков необходимо указать масштабы по времени и напряжению. Определите эквивалентный коэффициент усиления компрессора.

Задача 2

На вход экспандера поступает сигнал с выхода компрессора, определенный в задаче 1. Экспандер работает по А-закону. Максимальное напряжение экспандера равно 4,7 В. Нарисуйте график выходного напряжения экспандера  $U_{\text{вых}}(t)$ . Количество точек  $\geq 20$ . На графике указать масштабы. Определите коэффициент нелинейных искажений.

Задача 3

Нарисуйте структурную схему сверточного кодера с 4-разрядным регистром сдвига и двумя выходными сигналами. Соединения в двух сумматорах произвольные, но не менее 2 сигналов в каждом. Запишите уравнения. Составьте дерево маршрутов.

Задача 4

Составьте таблицу возможных маршрутов для приемника по условиям задачи 2. Выберите один маршрут из таблицы. Внесите одну ошибку в принятый сигнал приемником. Определите расстояние Хэмминга для всех возможных вариантов декодирования сигналов в приемнике.

Теоретический вопрос

Эквалайзинг. Назначение процедуры эквалайзинга в радиосвязи. Структурная схема эквалайзера и принцип работы схемы, реализованной на КИХ-фильтре. Реализация эквалайзинга в сотовой связи стандарта GSM.

**Экзаменационные билеты по дисциплине**  
**“Цифровая передача информации”**

**Экзаменационный билет № 1**

1. Компрессия речевого сигнала в каналах цифровой передачи. Нелинейные преобразования сигнала передатчиком и приемником. Уравнения компрессии по А-закону и  $\mu$  закону. Назначение компрессии.
2. Турбо-кодирование. Назначение турбо-кодирования, сравнение с другими видами помехоустойчивого кодирования. Эффективность турбо-кодирования. Структурные схемы турбо-кодера и декодера. Принцип работы турбо-кодера.
3. Применение M-последовательности в качестве генератора псевдослучайной последовательности. Свойства M-последовательности: сбалансированность, цикличность, корреляционная функция.
4. Нарисуйте структурную схему сверточного кодера с 4-разрядным регистром сдвига и двумя выходными сигналами. Соединения в двух сумматорах произвольные, но не менее 2 сигналов в каждом. Запишите уравнения. Составьте дерево маршрутов.

**Экзаменационный билет № 2**

1. Структурная схема цифрового радиотелефона. Назначение блоков. Вид сигналов на входе и выходе блока телефона. Влияние отдельных блоков на параметры цифрового радиотелефона (полосу частот, скорость передачи).
2. Эквалайзинг. Назначение процедуры эквалайзинга в радиосвязи. Структурная схема эквалайзера и принцип работы схемы, реализованной на КИХ-фильтре. Реализация эквалайзинга в сотовой связи стандарта GSM.
3. Элементы. Коды Голда и коды Кассами. Структурные схемы генераторов кода Голда и кода Кассами. Формирование схем, принцип работы генератора псевдослучайной последовательности.
4. Нарисуйте структурную схему сверточного кодера с 4-разрядным регистром сдвига и двумя выходными сигналами. Соединения в двух сумматорах произвольные, но не менее 2 сигналов в каждом. Запишите уравнения. Составьте дерево маршрутов. Определите расстояние Хемминга в приемнике для одиночной ошибки.

### Экзаменационный билет № 3

1. Применение блочного кодирования для повышения помехоустойчивости цифрового сигнала, передаваемого по радиоканалу. Способы формирования контрольных бит. Применение одного контрольного бита, расчет контрольных бит матрицы.
2. Техническая реализация деления на полином с помощью D-триггеров. Составление структурной схемы деления на образующий полином на основе триггеров. Переход к электрической схеме деления на полином с помощью микросхем D-триггеров.
3. Две группы методов кодирования речевого сигнала для передачи по цифровым каналам связи. Сравнение кодирования формы сигнала и кодирования источника сообщения. Оценка качества воспроизведения речи по шкале MOS.
4. Нарисуйте график выходного напряжения компрессора  $U_{\text{вых}}(t)$ , работающего по  $\mu$ -закону ( $\mu=255$ ), при входном напряжении  $U_{\text{вх}}(t) = 0,5 \sin 150 t$ . Максимальное входное и выходное напряжение равно 3,5 В. Количество точек на период – 5. На осях графиков необходимо указать масштабы по времени и напряжению. Определите эквивалентный коэффициент усиления компрессора

### Экзаменационный билет № 4

1. Применение сверточного кодирования для повышения помехоустойчивости цифрового сигнала, передаваемого по радиоканалу. Принцип работы схемы сверточного кодирования с использованием трехразрядного регистра сдвига. Формирование выходного сигнала кодера в передатчике по тактам. Дерево маршрутов. Избыточность кодера, относительная скорость кодирования  $R$ .
2. Пример работы турбо-кодера с относительной скоростью кодирования  $R=1/3$ . Формирование одного блока данных на выходе передатчика при поступлении на его вход 12 информационных бит. Определение количества выходных бит, передаваемых приемнику. Обозначение выходных сигналов турбо-кодера.
3. Метод линейного предсказания. Применение метода в беспроводной связи. Расчет коэффициентов линейного предсказания в передатчике.
4. Нарисуйте структурную схему деления чисел на образующий полином  $x^4+x^2+x+1$  с помощью регистра сдвига. Составьте два примера деления чисел 73 и 74 на образующий полином в передатчике. Определите остаток от деления двух чисел. Определите остаток от деления двух чисел в приемнике для случая, когда прием происходит с одной ошибкой.

### Экзаменационный билет № 5

1. Компрессия речевого сигнала в каналах цифровой передачи. Нелинейные преобразования сигнала передатчиком и приемником. Уравнения компрессии по А-закону и  $\mu$  закону. Назначение компрессии.
2. Турбо-кодирование. Назначение турбо-кодирования, сравнение с другими видами помехоустойчивого кодирования. Эффективность турбо-кодирования. Структурные схемы турбо-кодера и декодера. Принцип работы турбо-кодера.
3. Деление на полином. Способы реализации деления на полином в кодере канала. Отличие структурных схем, выполняющих операции деления и умножения. Пример структурной схемы деления и схемы деления с умножением.
4. Нарисуйте структурную схему деления чисел на образующий полином  $x^4+x^2+x+1$  с помощью регистра сдвига. Составьте два примера деления чисел 93 и 77 на образующий полином в передатчике. Определите остаток от деления двух чисел. Определите остаток от деления двух чисел в приемнике для случая, когда прием происходит с одной ошибкой.

### Экзаменационный билет № 6

1. Структурная схема цифрового радиотелефона. Назначение блоков. Вид сигналов на входе и выходе блока телефона. Влияние отдельных блоков на параметры цифрового радиотелефона (полосу частот, скорость передачи).
2. Деление на полином. Обнаружение и исправление ошибок с помощью синдрома. Пример составления таблицы, содержащей синдромы одиночных ошибок для исправления их приемником.
3. Элементы. Коды Голда и коды Кассами. Структурные схемы генераторов кода Голда и кода Кассами. Формирование схем, принцип работы генератора псевдослучайной последовательности.
4. Нарисуйте структурную схему деления чисел на образующий полином  $x^4+x^2+x+1$  с помощью регистра сдвига. Составьте два примера деления чисел 73 и 74 на образующий полином в передатчике. Определите остаток от деления двух чисел. Определите остаток от деления двух чисел в приемнике для случая, когда прием происходит с одной ошибкой.

### Экзаменационный билет № 7

1. Применение блочного кодирования для повышения помехоустойчивости цифрового сигнала, передаваемого по

радиоканалу. Способы формирования контрольных бит. Применение одного контрольного бита, расчет контрольных бит матрицы.

2. Техническая реализация деления на полином с помощью D-триггеров. Составление структурной схемы деления на образующий полином на основе триггеров. Переход к электрической схеме деления на полином с помощью микросхем D-триггеров.
3. Две группы методов кодирования речевого сигнала для передачи по цифровым каналам связи. Сравнение кодирования формы сигнала и кодирования источника сообщения. Оценка качества воспроизведения речи по шкале MOS.
4. Нарисуйте структурную схему генератора чисел на 4-разрядном регистре сдвига с обратной связью. Выходные сигналы с 3-го и 4-го триггеров суммируются по модулю два и подаются на вход первого триггера. Исходное состояние трех триггеров нулевое, первый триггер установлен в единицу. Составьте таблицу для выхода генератора и выходных сигналов триггеров на 16 тактов работы генератора.

### Экзаменационный билет № 8

1. Применение сверточного кодирования для повышения помехоустойчивости цифрового сигнала, передаваемого по радиоканалу. Принцип работы схемы сверточного кодирования с использованием трехразрядного регистра сдвига. Формирование выходного сигнала кодера в передатчике по тактам. Дерево маршрутов. Избыточность кодера, относительная скорость кодирования R.

2. Пример работы турбо-кодера с относительной скоростью кодирования  $R=1/3$ . Формирование одного блока данных на выходе передатчика при поступлении на его вход 12 информационных бит. Определение количества выходных бит, передаваемых приемнику. Обозначение выходных сигналов турбо-кодера.

3. Метод линейного предсказания. Применение метода в беспроводной связи. Расчет коэффициентов линейного предсказания в передатчике.

4. Нарисуйте структурную схему генератора чисел на 4-разрядном регистре сдвига с обратной связью. Выходные сигналы с 1-го и 4-го триггеров суммируются по модулю два и подаются на вход первого триггера. Исходное состояние трех триггеров нулевое, первый триггер установлен в единицу. Составьте таблицу для выхода генератора и выходных сигналов триггеров на 16 тактов работы генератора. Определите длину периодической последовательности.

### Экзаменационный билет № 9

1. Компрессия речевого сигнала в каналах цифровой передачи. Нелинейные преобразования сигнала передатчиком и приемником. Уравнения компрессии по А-закону и  $\mu$  закону. Назначение компрессии.
2. Турбо-кодирование. Назначение турбо-кодирования, сравнение с другими видами помехоустойчивого кодирования. Эффективность турбо-кодирования. Структурные схемы турбо-кодера и декодера. Принцип работы турбо-кодера.
3. Применение М-последовательности в качестве генератора псевдослучайной последовательности. Свойства М-последовательности: сбалансированность, цикличность, корреляционная функция.
4. Нарисуйте структурную схему деления чисел на образующий полином  $x^4+x^2+x+1$  с помощью регистра сдвига. Составьте два примера деления чисел 65 и 67 на образующий полином в передатчике. Определите остаток от деления двух чисел. Определите остаток от деления двух чисел в приемнике для случая, когда прием происходит с одной ошибкой.

### Экзаменационный билет № 10

1. Структурная схема цифрового радиотелефона. Назначение блоков. Вид сигналов на входе и выходе блока телефона. Влияние отдельных блоков на параметры цифрового радиотелефона (полосу частот, скорость передачи).
2. Эквалайзинг. Назначение процедуры эквалайзинга в радиосвязи. Структурная схема эквалайзера и принцип работы схемы, реализованной на КИХ-фильтре. Реализация эквалайзинга в сотовой связи стандарта GSM.
3. Элементы. Коды Голда и коды Кассами. Структурные схемы генераторов кода Голда и кода Кассами. Формирование схем, принцип работы генератора псевдослучайной последовательности.
4. Нарисуйте структурную схему сверточного кодера с 4-разрядным регистром сдвига и двумя выходными сигналами. Соединения в двух сумматорах произвольные, но не менее 2 сигналов в каждом. Запишите уравнения. Составьте дерево маршрутов. Определите расстояние Хемминга в приемнике для одиночной ошибки.

### Экзаменационный билет № 11

1. Применение блочного кодирования для повышения помехоустойчивости цифрового сигнала, передаваемого по радиоканалу. Способы формирования контрольных бит. Применение одного контрольного бита, расчет контрольных бит матрицы.

2. Техническая реализация деления на полином с помощью D-триггеров. Составление структурной схемы деления на образующий полином на основе триггеров. Переход к электрической схеме деления на полином с помощью микросхем D-триггеров.
3. Две группы методов кодирования речевого сигнала для передачи по цифровым каналам связи. Сравнение кодирования формы сигнала и кодирования источника сообщения. Оценка качества воспроизведения речи по шкале MOS.
4. Базовой. Нарисуйте структурную схему сверточного кодера с 4-разрядным регистром сдвига и двумя выходными сигналами. Соединения в двух сумматорах произвольные, но не менее 2 сигналов в каждом. Запишите уравнения. Составьте дерево маршрутов. Определите расстояние Хемминга в приемнике для одиночной ошибки.

#### Экзаменационный билет № 12

1. Применение сверточного кодирования для повышения помехоустойчивости цифрового сигнала, передаваемого по радиоканалу. Принцип работы схемы сверточного кодирования с использованием трехразрядного регистра сдвига. Формирование выходного сигнала кодера в передатчике по тактам. Дерево маршрутов. Избыточность кодера, относительная скорость кодирования R.
2. Пример работы турбо-кодера с относительной скоростью кодирования  $R=1/3$ . Формирование одного блока данных на выходе передатчика при поступлении на его вход 12 информационных бит. Определение количества выходных бит, передаваемых приемнику. Обозначение выходных сигналов турбо-кодера.
3. Метод линейного предсказания. Применение метода в беспроводной связи. Расчет коэффициентов линейного предсказания в передатчике.
4. Нарисуйте структурную схему сверточного кодера с 4-разрядным регистром сдвига и двумя выходными сигналами. Соединения в двух сумматорах произвольные, но не менее 2 сигналов в каждом. Запишите уравнения. Составьте дерево маршрутов. Определите расстояние Хемминга в приемнике для одиночной ошибки.

#### Экзаменационный билет № 13

1. Компрессия речевого сигнала в каналах цифровой передачи. Нелинейные преобразования сигнала передатчиком и приемником. Уравнения компрессии по А-закону и  $\mu$  закону. Назначение компрессии.
2. Турбо-кодирование. Назначение турбо-кодирования, сравнение с другими видами помехоустойчивого кодирования.



- Эффективность турбо-кодирования. Структурные схемы турбо-кодера и декодера. Принцип работы турбо-кодера.
3. Применение M-последовательности в качестве генератора псевдослучайной последовательности. Свойства M-последовательности: сбалансированность, цикличность, корреляционная функция.
  4. Нарисуйте структурную схему сверточного кодера с 4-разрядным регистром сдвига и двумя выходными сигналами. Соединения в двух сумматорах произвольные, но не менее 2 сигналов в каждом. Запишите уравнения. Составьте дерево маршрутов. Определите расстояние Хемминга в приемнике для одиночной ошибки.

#### Экзаменационный билет № 14

1. Структурная схема цифрового радиотелефона. Назначение блоков. Вид сигналов на входе и выходе блока телефона. Влияние отдельных блоков на параметры цифрового радиотелефона (полосу частот, скорость передачи).
2. Эквалайзинг. Назначение процедуры эквалайзинга в радиосвязи. Структурная схема эквалайзера и принцип работы схемы, реализованной на КИХ-фильтре. Реализация эквалайзинга в сотовой связи стандарта GSM.
3. Коды Голда и коды Кассами. Структурные схемы генераторов кода Голда и кода Кассами. Формирование схем, принцип работы генератора псевдослучайной последовательности.
4. Нарисуйте структурную схему сверточного кодера с 4-разрядным регистром сдвига и двумя выходными сигналами. Соединения в двух сумматорах произвольные, но не менее 2 сигналов в каждом. Запишите уравнения. Составьте дерево маршрутов. Определите расстояние Хемминга в приемнике для одиночной ошибки.