

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Калининградский государственный технический университет»
Балтийская государственная академия рыбопромыслового флота
ФГБОУ ВО «КГТУ»
БГАРФ

УТВЕРЖДАЮ

И.о. декана радиотехнического факультета

 / В.А. Баженов /

27 июня 2018 г.

Фонд оценочных средств для аттестации по дисциплине
(приложение к рабочей программе дисциплины)

Системы мобильной связи
(наименование дисциплины)

базовой части образовательной программы

по специальности

25.05.03 «Техническая эксплуатация транспортного радиооборудования»
(код и наименование специальности)

специализация:

«Инфокоммуникационные системы на транспорте и их информационная защита»
(код и наименование специализации)

Факультет радиотехнический (РТФ)
(наименование)

Кафедра судовых радиотехнических систем (СРТС)
(наименование)

Калининград 2018

1 Результаты освоения дисциплины

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

Знать: принципы построения, характеристики и стандарты, организацию каналов и сетей мобильной связи, методы многостанционного доступа;

Уметь: применять методы анализа, экспериментального исследования характеристик систем мобильной связи; использовать методы частотно-территориального планирования для решения задач оценки эффективности систем мобильной связи;

Владеть: навыками работы с программно-аппаратными средствами реализующими современные методы решения задач исследования распространения радиоволн в городских условиях; навыками проектирования основных элементов систем мобильной связи.

Таблица 1.1 – Компетенции, формируемые в результате изучения дисциплины

Компетенции выпускника ОП ВО и этапы их формирования в результате изучения дисциплины	Знания, умения и навыки, характеризующие этапы формирования компетенций
1	2
<p>ОПК-4: Готовность к ответственному отношению к своей трудовой деятельности, пониманием значимости своей будущей специальности Этапы формирования компетенции: <u>ОПК-4.2:</u> Понимание значимости своей будущей специальности</p>	<p>Должен знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Основные этапы развития и становления специальности; • Роль и значимость специальности в современном мире; • Перспективы развития специальности. <p>Должен уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Определять роль специалиста в реализации производственных процессов; • Устанавливать производственные связи с другими участниками работ; • Нести этическую, материальную и моральную ответственность специалиста в рамках профессиональной деятельности. <p>Должен владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Понятийным аппаратом в профессиональной области; • Современной терминологией в профессиональной области; • Терминологией, определяющей меж профессиональные связи.
<p>ПК-4: Готовность участвовать в модернизации транспортного радиоэлектронного оборудования, формировать рекомендации по выбору и замене его элементов и систем <u>ПК-4.2:</u> Готовность участвовать в модернизации транспортного радиоэлектронного оборудования</p>	<p>Должен знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Основные характеристики систем

	<p>мобильной связи, пути их улучшения.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Характеристики средств и стандарты систем мобильной связи, основные направления их совершенствования. • Характеристики и показатели эффективности средств и систем связи, способы их улучшения на основе современных достижений науки и техники. <p>Должен уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Формулировать рекомендации по замене отдельных элементов систем с целью улучшения их характеристики. • Производить анализ эффективности средств и систем связи, разрабатывать предложения по их модернизации. • Производить оценку эффективности отдельных элементов и систем связи в целом, разрабатывать план модернизации с учетом достижений науки и техники. <p>Должен владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Методиками расчета основных характеристик систем мобильной связи с целью разработки предложений по их улучшению. • Методиками оценки эффективности систем мобильной связи в конкретных условиях применения с целью разработки предложений по их улучшению. • Методами расчета показателей эффективности средств и систем связи с целью разработки плана модернизации РТО на конкретном объекте с учетом достижений науки и техники, а также возможностей промышленности.
<p><u>ПСК-2.4:</u> Способность к проектированию сетей радиосвязи различного назначения</p> <p><u>ПСК-2.4.2:</u> Способность к проектированию сетей радиосвязи общего назначения;</p> <p><u>ПСК-2.4.3:</u> Способность к проектированию выделенных сетей радиосвязи.</p>	<p>Должен знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Методики проектирования средств и систем связи; • Методики расчета основных характеристик систем связи, моделирования элементов канала связи; • Методики оптимизации структуры системы связи с использованием математического и компьютерного моделирования. <p>Должен уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Моделировать, выполнять проектирование элементов канала связи на уровне структурной схемы;

	<ul style="list-style-type: none"> • Моделировать, выполнять проектирование элементов системы связи, оценивать эффективность предлагаемых решений. • Выбирать оптимальные решения по проектированию элементов систем связи с использованием математического и компьютерного моделирования. <p>Должен владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Технологией проектирования отдельных элементов систем связи. • Навыками системного проектирования элементов систем связи. • Навыками решения проектных задач: обобщать способы и методы решения проектных задач, использовать оптимизирующие компьютерные программы, проводить экспериментальные исследования, оценивать погрешности измерений.
--	--

1.2 Этапы формирования компетенций в результате освоения дисциплины

Этап формирования	Код формируемой компетенции			
	ОПК-4.2	ПК-4.2	ПСК-2.4.2	ПСК-2.4.3
Раздел 1. Архитектура сетей связи	+	+	+	+
Раздел 2. Модуляция сигналов в цифровых системах мобильной связи		+		
Раздел 3. Организация множественного доступа	+		+	+
Раздел 4. Распространение радиоволн в системах сотовой связи			+	+
Раздел 5. Компенсация искажений и замираний сигналов на трассе распространения		+		
Раздел 6. Помехоустойчивое кодирование		+		
Раздел 7. Сети беспроводного доступа	+	+	+	
Курсовая работа «Модельные исследования помехоустойчивости приема сигнала GMSK в системах сотовой связи»		+	+	

2 Перечень оценочных средств поэтапного формирования результатов освоения дисциплины

2.1 Перечень тем лабораторных работ

Степень освоения обучающимися компетенций ПК-4.2, ПСК-2.4.2, ПК-2.4.3 в рамках раздела 2 темы 2 «Модуляция сигналов в цифровых системах мобильной связи», раздела 4 темы 2 «Распространение радиоволн в системах сотовой связи» подвергается оценке в ходе проведения лабораторных занятий и при защите лабораторных работ на очной форме обучения из следующего перечня:

1. Лабораторная работа №1 «Изучение принципов формирования сигналов форматов MSK и GMSK в системах мобильной связи стандарта GSM и DECT технологии».
2. Лабораторная работа №2 «Изучение принципов демодуляции сигналов форматов MSK и GMSK в системах мобильной связи стандарта GSM и DECT технологии».
3. Лабораторная работа №3 «Модельная реализация шума с учетом многолучевого распространения радиоволн в цифровом канале сотовой связи в среде MathCAD»
4. Лабораторная работа №4 «Модельные исследования статистических, числовых и спектральных характеристик аддитивного и мультипликативного компонентов шума, действующего в цифровом канале сотовой связи в среде MathCAD»

Степень освоения обучающимися компетенций ПК-4.2, ПСК-2.4.2, ПК-2.4.3 в рамках раздела 2 темы 2 «Модуляция сигналов в цифровых системах мобильной связи» и и раздела 6 темы 3 «Линейные блочные коды» подвергается оценке в ходе проведения лабораторных занятий и при защите лабораторных работ на заочной форме обучения из следующего перечня:

1. Лабораторная работа №1 «Изучение принципов формирования сигналов форматов MSK и GMSK в системах мобильной связи стандарта GSM и DECT технологии».
2. Лабораторная работа №2 «Линейные блочные коды».

2.2 Перечень тем практических занятий

Степень освоения обучающимися компетенций ПК-4.2 подвергается оценке в ходе проведения практических занятий из следующего перечня:

1. Стандарты транкинговой связи.
2. Системы персонального радиовызова.
3. Системы персональной спутниковой связи (СПСС).
4. Абонентская емкость сотовых систем мобильной связи.
5. Организация дуплексного режима в ССМС.
6. Характеристики среды распространения в сотовых системах мобильной связи.
7. Управление мощностью в каналах.
8. Методы увеличения помехоустойчивости приёма единичных элементов.
9. Передача данных с использованием помехоустойчивого кодирования.
10. Линейные блочные коды.
11. Мажоритарное декодирование линейных блочных кодов.
12. Полиномиальные коды.
13. Сверточные коды.
14. Корректирующее кодирование в системах связи.

2.3 Задание на курсовую работу «Модельные исследования помехоустойчивости приема сигнала GMSK в системах сотовой связи» (ПК-4, ПСК-2.4.3).

2.4. Вопросы к зачету (экзамену) (ПК-4.2, ПСК-2.4.2, ПК-2.4.3).

3 Оценочные средства поэтапного формирования результатов освоения дисциплины

3.1 Типовые задания по темам практических занятий

Практическое занятие №1 «Стандарты транкинговой связи»

Задание на практическое занятие. В учебном классе проработать и законспектировать следующие вопросы темы 3 раздела 1, используя рекомендованные преподавателем научно-технические источники:

1. Обзор стандартов GPRS.
2. Стандарт GPRS 1327, стандарты на радиointерфейсы GPRS 1347 (радиointерфейс и контроллеры базовых станций) и 1343 (абонентское радиооборудование).
3. Система транкинговой связи EDACS (Enhanced Digital Access Communications System).
4. Система и стандарт TETRA.

Практическое занятие №2 «Системы персонального радиовызова»

Задание на практическое занятие. В учебном классе проработать и законспектировать следующие вопросы темы 4 раздела 1, используя рекомендованные преподавателем научно-технические источники:

1. Протоколы пейджинговых систем.
2. Протокол MBS (Mobile Search).
3. Протокол POCSAG.
4. Протокол ERMES.
5. Протокол FLEX.

Практическое занятие №3 «Системы персональной спутниковой связи (СПСС)»

Задание на практическое занятие. В учебном классе проработать и законспектировать следующие вопросы темы 5 раздела 1, используя рекомендованные преподавателем научно-технические источники:

1. Стандарты систем спутниковой персональной радиосвязи группы Big LEO: Iridium, Globalstar, Сигнал.

Практическое занятие №4 «Абонентская емкость сотовых систем мобильной связи»

Задание на практическое занятие. В учебном классе проработать и законспектировать следующие вопросы темы 4 раздела 3, используя рекомендованные преподавателем научно-технические источники:

1. Сотовая система мобильной связи как система массового обслуживания.
2. Характеристики случайного потока вызовов.
3. Модели Эрланга А, В и С.

Практическое занятие №5 «Организация дуплексного режима в ССМС»

Задание на практическое занятие. В учебном классе проработать и законспектировать следующие вопросы темы 5 раздела 3, используя рекомендованные преподавателем научно-технические источники:

1. Принципы организации дуплексного разнеса по частоте и по времени.
2. Структура кадра в cdma2000.
3. Перераспределение временных ресурсов: симметричный и асимметричный трафики.

Практическое занятие №6 «Характеристики среды распространения в сотовых системах мобильной связи»

Задание на практическое занятие. В учебном классе проработать и законспектировать следующие вопросы темы 1 раздела 4, используя рекомендованные преподавателем научно-технические источники:

1. Полосы частот, используемые в сотовых системах мобильной связи.
2. Помехи в каналах сотовой связи.
3. Затухание сигналов при распространении.

Практическое занятие №7 «Управление мощностью в каналах»

Задание на практическое занятие. В учебном классе проработать и законспектировать следующие вопросы темы 1 раздела 5, используя рекомендованные преподавателем научно-технические источники:

1. Управление мощностью с открытой петлей.
2. Управление мощностью с замкнутой петлей.

Практическое занятие №8 «Методы увеличения помехоустойчивости приёма единичных элементов»

Задание на практическое занятие. В учебном классе проработать и законспектировать следующие вопросы темы 1 раздела 6, используя рекомендованные преподавателем научно-технические источники:

1. Повторная передача передаваемого сообщения.
2. Передача кодовой последовательности по нескольким каналам связи одновременно.
3. Помехоустойчивое (с исправлением) кодирование.
4. Виды помехоустойчивых кодов.
5. Основные характеристики корректирующих кодов.

Практическое занятие №9 «Передача данных с использованием помехоустойчивого кодирования»

Задание на практическое занятие. В учебном классе проработать и законспектировать следующие вопросы темы 2 раздела 6, используя рекомендованные преподавателем научно-технические источники:

1. Модель передачи данных с использованием помехоустойчивого кодирования.
2. Методы защиты от ошибок.
3. Автоматический запрос повторной передачи, метод FEC.

Практическое занятие №10 «Линейные блочные коды»

Задание на практическое занятие. В учебном классе проработать и законспектировать следующие вопросы темы 3 раздела 6, используя рекомендованные преподавателем научно-технические источники:

1. Способы задания корректирующих кодов.
2. Система проверочных уравнений, порождающая и проверочная матрицы.
3. Кодер кода Хемминга.
4. Дуальные коды.
5. Синдром и обнаружение ошибок.
6. Синдромное декодирование линейных блочных кодов.

Решить следующие задачи:

Задача №1. Построить производящую матрицу линейного кода (11,6) с образующим полиномом $P(x) = x^5 + x^4 + x^2 + x + 1$. Из полученной производящей матрицы построить проверочную матрицу. Определить число разрешенных и запрещенных комбинаций, а также минимальное кодовое расстояние полученного (11,6)

кода. Показать, каким образом можно получить все разрешенные комбинации циклического (11,6) кода.

Задача №2. Построить производящую матрицу линейного кода (10,5) с образующим полиномом $P(x) = x^5 + x^2 + 1$. Из полученной производящей матрицы построить проверочную матрицу. Определить число разрешенных и запрещенных комбинаций, а также минимальное кодовое расстояние полученного (10,5) кода. Показать, каким образом можно получить все разрешенные комбинации циклического (10,5) кода.

Практическое занятие №11 «Мажоритарное декодирование линейных блочных кодов»

Задание на практическое занятие. В учебном классе проработать и законспектировать следующие вопросы темы 4 раздела 6, используя рекомендованные преподавателем научно-технические источники:

1. Принцип мажоритарного декодирования, схема мажоритарного декодера.
2. Декодирование методом максимального правдоподобия, мягкое и жесткое декодирование.

Практическое занятие №12 «Полиномиальные коды»

Задание на практическое занятие. В учебном классе проработать и законспектировать следующие вопросы темы 5 раздела 6, используя рекомендованные преподавателем научно-технические источники:

1. Порождающий многочлен кода.
2. Циклические коды, основные свойства циклических кодов.
3. Кодирование с использованием циклического кода.
4. Вычисление синдрома и исправление ошибок в циклических кодах.

Решить следующие задачи:

Задача №1. Для циклического кода с минимальным кодовым расстоянием $d_0=3$ заданы число информационных единичных элементов $k=5$ и их исходная последовательность 10100. Построить кодовую комбинацию циклического кода $F(x)$. Проверить правильность построения кодовой комбинации циклического кода путем деления $F(x)$ на образующий полином $x^4 + x + 1$. Определить количество обнаруживаемых ошибок.

Задача №2. Для циклического кода с минимальным кодовым расстоянием $d_0=3$ заданы число информационных единичных элементов $k=5$ и их исходная последовательность 10111. Построить кодовую комбинацию циклического кода $F(x)$. Проверить правильность построения кодовой комбинации циклического кода путем деления $F(x)$ на образующий полином $x^2 + x + 1$. Определить количество обнаруживаемых ошибок.

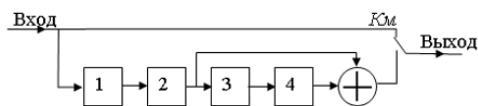
Практическое занятие №13 «Сверточные коды»

Задание на практическое занятие. В учебном классе проработать и законспектировать следующие вопросы темы 6 раздела 6, используя рекомендованные преподавателем научно-технические источники:

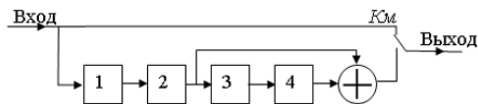
1. Принцип построения рекуррентного кода, схема кодирующего устройства рекуррентного кода, схема формирования исправляющей последовательности.
2. Схема декодера, исправляющего ошибки.

Решить следующие задачи:

Задача №1. На рисунке приведена схема кодера с 4-х разрядным регистром сдвига со «связью вперед», на вход которой на вход кодера подается последовательность символов 10110111001. Найти выходную последовательность закодированных символов рекуррентного кода (1/2).



Задача №2. На рисунке приведена схема кодера с 4-х разрядным регистром сдвига со «связью вперед», на вход которой на вход кодера подается последовательность символов 00100101011. Найти выходную последовательность закодированных символов рекуррентного кода (1/2).



Практическое занятие №14 «Корректирующее кодирование в системах связи»

Задание на практическое занятие. В учебном классе проработать и законспектировать следующие вопросы темы 7 раздела 6, используя рекомендованные преподавателем научно-технические источники:

1. Каскадные коды.
2. Коды с перемежением

Решить следующие задачи:

Задача №1. Построить каскадный код, если передаются сообщения: $X_0=1011$, $X_1=0011$, $X_2=1010$, $X_3=0111$.

Задача №2. Построить каскадный код, если передаются сообщения: $X_0=1111010$, $X_1=0000101$, $X_2=0111010$, $X_3=1100101$.

1.2 Типовые лабораторные задания и контрольные вопросы к выполнению лабораторных работ.

Лабораторная работа №1 «Изучение принципов формирования сигналов форматов MSK и GMSK в системах мобильной связи стандарта GSM и DECT технологии»

Лабораторное задание:

1. Построить модель модулятора MSK сигнала в среде MathCAD.

С этой целью рекомендуется выполнить следующие пункты:

А) запустить приложение MathCAD.

Б) Произвести поэтапную модельную реализацию блоков универсального квадратурного модулятора в соответствии со структурной схемой (рисунок 1).

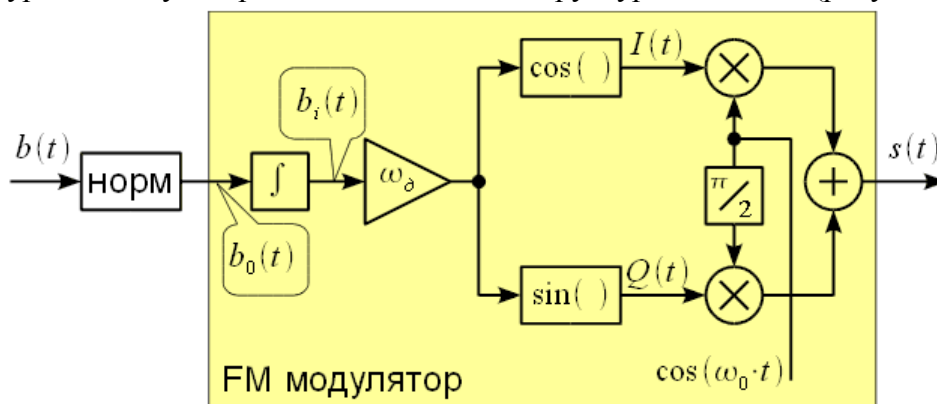


Рисунок 1

Первый этап. Формирование исходной информационной меандровой последовательности длиной 320 бит, которая представляет собой один информационный пакет при работе в пакетном режиме передачи речи в системе DECT.

1. Ввод информационных параметров меандровой последовательности: амплитуды, длительности посылки (символа, бита), количества битов в информационном пакете:

$$A := 1 \quad T_c := 8.7 \cdot 10^{-7} \quad N := 320$$

2. Расчет частоты манипуляции MSK сигнала:

$$F_m := \frac{1}{2 \cdot T_c}$$

3. Ввод диапазона возможных значений времени в виде:

$$t := 0, \frac{N \cdot T_c}{2^{16}} .. N \cdot T_c$$

4. Запись закона изменения мгновенных значений меандрового биполярного сигнала в виде:

$$s(t) := \sum_{i=0}^{N-1} \left[(-1)^i \cdot A \cdot \Phi(t - i \cdot T_c) \cdot \Phi[(i+1) \cdot T_c - t] \right]$$

5. Вывод графика зависимости меандрового сигнала от времени с ограничением времени наблюдения сигнала величиной $10T_c$.

6. Модельное измерение информационных параметров: амплитуды и длительности посылки, сравнение результатов с исходными данными.

Второй этап. Реализация модели пилообразного сигнала на выходе интегратора универсального квадратурного модулятора:

$$s1(t) := \sum_{i=0}^{N-1} \left[A \cdot (t - 2 \cdot i \cdot T_c) \Phi(t - 2 \cdot i \cdot T_c) \Phi(T_c - (t - 2 \cdot i \cdot T_c)) \right]$$

$$s2(t) := \sum_{i=0}^{N-1} \left[A \cdot (2 \cdot T_c - (t - 2 \cdot i \cdot T_c)) \Phi(t - 2 \cdot i \cdot T_c - T_c) \Phi(2 \cdot T_c - (t - 2 \cdot i \cdot T_c)) \right]$$

$$s3(t) := s1(t) + s2(t)$$

Третий этап. Формирование мгновенных значений фазы MSK сигнала за счет домножения сигнал $s3(t)$ на размерный множитель, соответствующий угловой частоте девиации MSK сигнала.

1. Ввод индекс частотной манипуляции $m := 0.5$

2. Расчет величины размерного множителя $\omega_d := \frac{\pi}{T_c} \cdot m$

3. Процесс изменения фазы MSK сигнала с течением времени

$$s4(t) := s3(t) \cdot \omega_d$$

4. Вывод графика зависимости полной фазы MSK сигнала от времени. Трактровка результатов.

Четвертый этап. Формирование низкочастотных квадратурных составляющих MSK сигнала.

1. Запись синфазной и квадратурной НЧ составляющих:

$$I(t) := \cos(s4(t)) \quad Q(t) := \sin(s4(t))$$

2. Вывод временных зависимостей низкочастотных квадратурных составляющих, сравнение их друг с другом.

Пятый этап. Моделирование ВЧ квадратурных составляющих и самого MSK сигнала.

1. Ввод частоты опорного колебания, соответствующей типовому значению промежуточной частоты радиоприемного блока БС системы DECT в Гц:

$$f_0 := 100 F_m$$

$$C(t) := I(t) \cos(2 \cdot \pi \cdot f_0 \cdot t) \quad S(t) := Q(t) \sin(2 \cdot \pi \cdot f_0 \cdot t) \quad Y(t) := C(t) - S(t)$$

2. Построение временных зависимостей ВЧ квадратурных составляющих и самого MSK сигнала.

Шестой этап. Дискретизация полученного непрерывного модельного MSK сигнала по времени.

1. Ввод шага дискретизации по времени: $\Delta := \frac{N \cdot T}{2^{16}}$

2. Расчет количества отсчетов в модельном дискретном сигнале: $N1 := \frac{T \cdot N}{\Delta}$

3. Формирование выборки дискретных отсчетов из MSK сигнала:

$$i := 0..N1-1$$

$$Y_i := Y(i \cdot \Delta)$$

4. Построение временной зависимости дискретизированного MSK сигнала, сравнение полученного результата с временной зависимостью непрерывного модельного MSK сигнала.

5. Расчет комплексного спектра, построение амплитудного спектра модельного дискретного MSK сигнала: $S_Y := \text{fft}(Y)$

6. Измерение модельного значения несущей частоты, оценка ширины спектра, сравнение с известными теоретическими положениями. Вывод об адекватности полученной модели MSK сигнала.

2. Построить модель модулятора GMSK сигнала в среде MathCAD.

Для формирования GMSK сигнала (см. рисунок 2) дополнительно к изложенным выше шести этапам необходимо реализовать сглаживающий гауссов фильтр нижних частот с импульсной характеристикой гауссова ФНЧ фильтра, заданной выражением вида:

$$g(t) = \frac{K}{T} \sqrt{\frac{2\pi}{\ln 2}} \exp\left[-\frac{2\pi^2 K}{\ln 2 T} t^2\right],$$

где $K = BT$ - безразмерная величина в виде произведения полосы пропускания фильтра Гаусса по уровню -3 дБ (0.707) на длительность T единичной посылки цифровой информации.

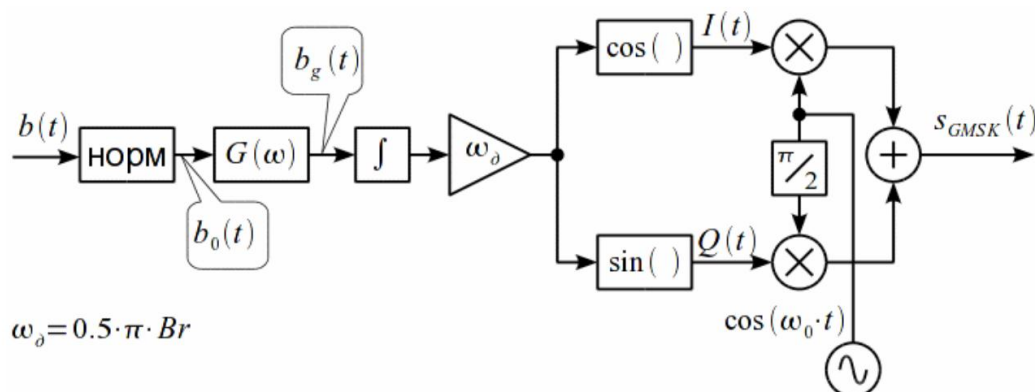


Рисунок 2

Контрольные вопросы:

1. Поясните процесс формирования MSK сигнала.
2. Понятие частот «mark» и «space».
3. Как скорость передачи информации связана с длительностью бита информации?
4. Что понимают под разносом частот манипуляции?
5. Приведите связь между частотой девиации и частотой манипулирующего сигнала.
6. Дайте определение индексу частотной манипуляции.
7. Докажите, что индекс частотной манипуляции для MSK сигнала имеет значение 0,5.
8. Докажите, что модуляция MSK является синхронным форматом передачи данных.

9. Поясните, почему использование MSK сигнала дает существенную экономию общего частотного ресурса, отводимого системе мобильной связи.
10. Как зависит уровень боковых лепестков и скорость убывания спектра GMSK сигнала от величины коэффициента K ?
11. Почему минимально допустимое значение коэффициента K составляет 0,3?
12. Каково назначение стандарта DECT, перечислите известные Вам профили стандарта?
13. Приведите типовую архитектуру построения системы DECT, поясните функциональное назначение ее элементов.
14. Поясните структуру временного спектра в системе DECT с TDMA.
15. Поясните канальную структуру в стандарте DECT.
16. Пояснить структуру пакета R32 для передачи данных и речи.

Лабораторная работа №2 «Изучение принципов демодуляции сигналов форматов MSK и GMSK в системах мобильной связи стандарта GSM и DECT технологии»

Лабораторное задание:

1. Реализовать в среде MathCAD модель беспорогового демодулятора MSK (GMSK) сигналов.

Функциональная схема беспорогового устройства квадратурного приема MSK сигналов приведена на рисунке 3 и содержит:

- 1 – блок формирования синфазной составляющей;
- 2 – блок формирования квадратурной составляющей;
- 3 – блок формирования опорных генераторов;
- 4 – первое дифференцирующее устройство;
- 5 – второе дифференцирующее устройство;
- 6 – первый перемножитель;
- 7 – второй перемножитель;
- 8 – третий перемножитель;
- 9 – вычитающее устройство;
- 10 – блок тактовой синхронизации;
- 11 – линия задержки;
- 12 – четвертый перемножитель;
- 13 – полосовой усилитель;
- 14 – фазовращатель;
- 15 – фазовой детектор;
- 16 – третий фильтр нижних частот блока опорных сигналов;
- 17 – подстраиваемый генератор опорного сигнала;
- 18 – фазовращатель блока опорных сигналов;
- 19 – смесители блоков формирования синфазной и квадратурной составляющих;
- 20 – фильтры нижних частот блоков формирования синфазной и квадратурной составляющих;
- 21 – четвертый фильтр нижних частот.

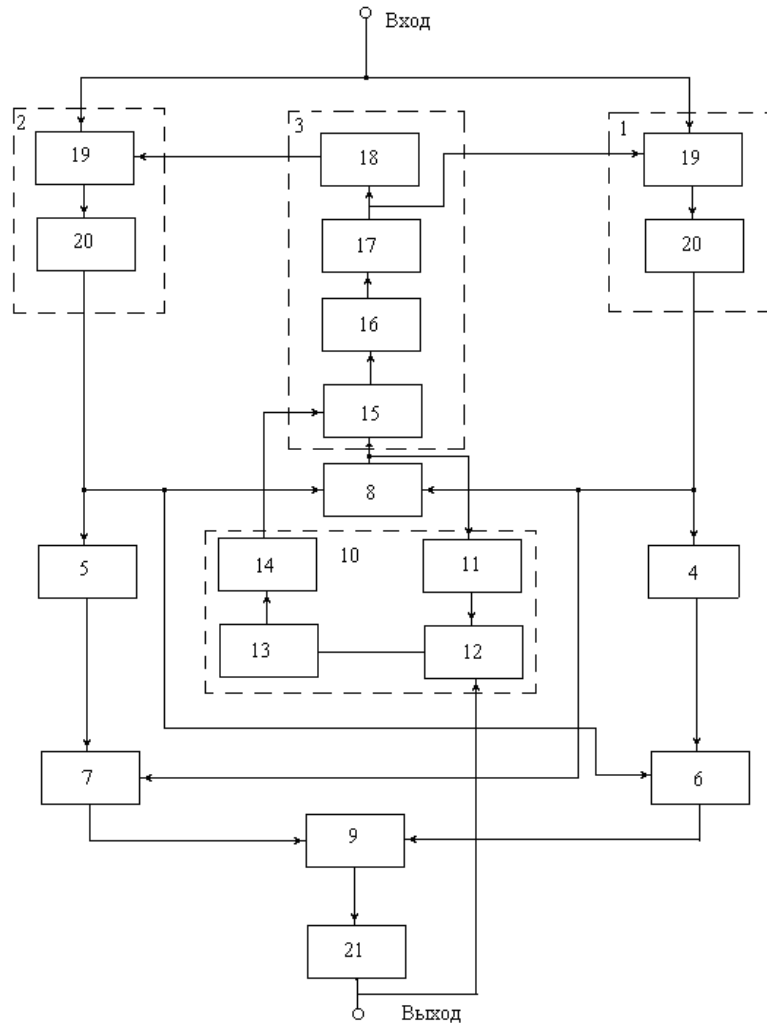


Рисунок 3

С этой целью произвести поэтапную модельную реализацию блоков беспорогового демодулятора дискретного MSK сигнала в соответствии со структурной схемой (рисунок 3), исключив из рассмотрения блоки 8, 10, 15, 16, не имеющие непосредственного отношения к процессу демодуляции.

Первый этап. Формирование дискретных гармонических опорных колебаний с частотой равной частоте несущей MSK сигнала и находящихся друг с другом в квадратуре:

$$sc0_i := \cos(2 \cdot \pi \cdot f_0 \cdot i \cdot \Delta) \quad ss0_i := \sin(2 \cdot \pi \cdot f_0 \cdot i \cdot \Delta)$$

Второй этап. Формирование синфазной (выход подблока 19 блока 1) и квадратурной (выход подблока 19 блока 2) составляющих путем смешивания входного MSK сигнала с опорными сигналами:

$$C1_i := Y_i \cdot sc0_i \quad S1_i := -Y_i \cdot ss0_i$$

Третий этап. Фильтрация составляющих с удвоенной частотой $2\omega_0$ (выход подблоков 20 блоков 1 и 2).

1. Расчет комплексных спектров синфазной и квадратурной ВЧ составляющих MSK сигнала: $Wc := fft(C1) \quad Ws := fft(S1)$

2. Реализация модели идеального ФНЧ с АЧХ вида

$$K_j := \begin{cases} 1 & \text{if } 0 \leq \frac{j}{N1 \cdot \Delta} \leq 3.1 \cdot Fm \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

3. Расчет комплексных спектров сигналов на выходах модельных ФНЧ, выполнение процедуры:

$$Wc1_j := Wc_j \cdot K_j \quad Ws1_j := Ws_j \cdot K_j$$

4. Построение амплитудных спектров низкочастотных синфазной и квадратурной составляющих MSK сигнала. Анализ полученных результатов.

5. Получение временных реализаций НЧ синфазной и квадратурной составляющих MSK сигнала посредством процедуры обратного преобразования Фурье:

$$C2 := \text{ifft}(Wc1) \quad S2 := \text{ifft}(Ws2)$$

6. Графическое представление временных зависимостей полученных сигналов, сравнение их друг с другом.

Третий этап. Моделирование колебаний на выходе дифференцирующих устройств 4 и 5 посредством выполнения процедуры

$$i := 0..last(C2) - 1$$

$$dC2_i := \frac{C2_{i+1} - C2_i}{\Delta} \quad dS2_i := \frac{S2_{i+1} - S2_i}{\Delta}$$

$$dC2_{last(C2)} := dC2_{last(C2)-1} \quad dS2_{last(C2)} := dS2_{last(C2)-1}$$

Графическое представление зависимости производных НЧ квадратурных составляющих MSK сигнала от времени, сравнение их друг с другом.

Четвертый этап. Моделирование напряжений на выходе первого перемножителя 6 и второго перемножителя 7 посредством перемножения крест накрест квадратурных составляющих сигнала с их производными:

$$i := 0..last(C2)$$

$$C3_i := C2_i \cdot dS2_i \quad S3_i := S2_i \cdot dC2_i$$

Графическое представление временных зависимостей модельных сигналов на выходах перемножителей, сравнение их между собой.

Пятый этап. Реализация модели напряжения на выходе вычитающего устройства 9 посредством выполнения процедуры:

$$s5_i := C3_i - S3_i$$

Графическое представление демодулированного сигнала во времени.

Шестой этап. Моделирование решающего устройства на основе интегратора.

Произвести поэтапную модельную реализацию решающего устройства на основе интегратора. Суть принятия решений о приеме посылки «1» или «-1» базируется на следующем решающем правиле: Если к моменту окончания бита результат интегрирования значений демодулированного сигнала в пределах длительности бита больше нуля, то принимается решения о передаче «1», в противном случае – о передаче «-1». Если к моменту окончания бита результат интегрирования равен 0, то данное значение приводит к неопределенности принятия решения и трактуется как ошибка.

1. Ввод количества отсчетов демодулированного сигнала в виде: $k := 0..N - 1$, где $N = 320$ - количество информационных битов в информационном пакете кадра.

2. Интегрирование значений демодулированного сигнала в пределах одного бита в виде:

$$A1_k := \sum_{i=\text{round}\left(k \cdot \frac{Tc}{\Delta}\right)}^{\text{round}\left((k+1) \cdot \frac{Tc}{\Delta} - 1\right)} s5_i$$

3. Реализация процесса принятия решения посредством выполнения процедуры:

$$A1_k := \begin{cases} 1 & \text{if } A1_k > 0 \\ (-1) & \text{if } A1_k < 0 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

4. Формирование модельной последовательности бит на выходе решающего устройства следующим образом:

$$b(t) := \sum_{k=0}^{N-1} A1_k [\Phi(t - k \cdot Tc) \Phi((k+1) \cdot Tc - t)]$$

5. Графическое представление временных реализаций исходной информационной последовательности и полученной последовательности на выходе решающего устройства.

Контрольные вопросы:

1. Изобразите структурную схему беспорогового демодулятора MSK (GMSK) сигнала. Поясните с помощью временных диаграмм принцип функционирования устройства.
2. В чем преимущество данного типа демодулятора перед универсальным квадратурным демодулятором?
3. С какой целью в качестве частоты среза ФНЧ выбрано значение равное утроенной величине частоты манипуляции?
4. В чем заключаются отличия формы демодулированного сигнала и информационного сигнала? Чем данные отличия можно объяснить?
5. Поясните назначение решающего устройства и алгоритм принятия решения.

Лабораторная работа №3 «Модельная реализация шума с учетом многолучевого распространения радиоволн в цифровом канале сотовой связи в среде MathCAD»

Лабораторное задание:

1. Создать файл в среде MathCAD для моделирования случайных процессов с заданными вероятностными и числовыми характеристиками.

2. Ввод числа генерируемых отсчетов случайной величины $N0 := 2^{16}$

1 этап. Формирование выборки отсчетов СВ с равномерным законом распределения, значения которой лежат в пределах от 0 до 1. С этой целью выполнить следующие задания:

1. Вычисление разрядности целых двоичных чисел $m1$: $m1 := 2^{\text{round}(\log(N0,2))}$.

2. Формирование целого положительного нечетного числа «а» в соответствии с наложенными условиями по линейному конгруэнтному методу:

$$a1 := \text{trunc}(0.01 \cdot m1) \quad a2 := \text{ceil}(m1 - \sqrt{m1})$$

$$a := \begin{cases} \text{for } i \in a1..a2 \\ a \leftarrow i \text{ if } \text{mod}(i,8) = 5 \\ a \end{cases}$$

3. Формирование целого положительного нечетного числа «С4» в соответствии с наложенными условиями по линейному конгруэнтному методу:

А) Вычисление величины: $\frac{1}{2} - \frac{\sqrt{3}}{6} \text{ float},5 \rightarrow 0.21132$

Б) Округление полученного числа до целого в соответствии с правилом и в сторону меньшего, деление на 2 полученных результатов и проверка разности на отличие от нуля, если разность не равна нулю, то результат округления – нечетное число, если разность равна нулю, то результат округления – четное число, тогда к нему необходимо прибавить единицу, чтобы результат округления стал нечетным числом.

$$C4 := \begin{cases} \text{round}(0.21132 \cdot m1) \text{ if } \frac{\text{round}(0.21132 \cdot m1)}{2} - \text{trunc}\left(\frac{\text{round}(0.21132 \cdot m1)}{2}\right) \neq 0 \\ (\text{round}(0.21132 \cdot m1) + 1) \text{ otherwise} \end{cases}$$

2 этап. Формирование отсчетов аддитивного и мультипликативного случайных процессов в соответствии с рекуррентным соотношением по линейному конгруэнтному методу:

-для аддитивного шума:

$$Xadd := \begin{cases} Xadd_0 \leftarrow runif(1,0,1)_0 \\ \text{for } i \in 0..N0-1 \\ \quad Xadd_i \leftarrow mod(a \cdot Xadd_{i-1} + C4, m1) \\ \text{for } i \in 0..N0-1 \\ \quad Xadd_i = \frac{Xadd_i}{m1} \\ Xadd \end{cases}$$

-для мультипликативного шума:

$$Xm := \begin{cases} Xm_0 \leftarrow runif(1,0,1)_0 \\ \text{for } i \in 0..N0-1 \\ \quad Xm_i \leftarrow mod(a \cdot m_{i-1} + C4, m1) \\ \text{for } i \in 0..N0-1 \\ \quad Xm_i = \frac{Xm_i}{m1} \\ Xm \end{cases}$$

3 этап. Формирование широкополосного гауссова шума с ограниченным спектром.

С этой целью выполнить следующие задания:

1. Сформировать два массива гауссовской СВ:

А) сформировать два массива номеров отсчетов случайной величины размерностью $N0$ каждый для формирования аддитивного и мультипликативного компонентов шума:

$$n1 := round[runif(N0,0,1) \cdot (N0-1)] \quad \text{и} \quad n3 := round[runif(N0,0,1) \cdot (N0-1)]$$

$$n2 := round[runif(N0,0,1) \cdot (N0-1)] \quad n4 := round[runif(N0,0,1) \cdot (N0-1)]$$

Б) Из модельной равномерно распределенной СВ, сформированной ранее, создать две выборки значений с номерами отсчетов $n1; n2$ для аддитивного и $n3; n4$ мультипликативного компонентов шума:

$$i := 0..N0-1$$

$$x1_i := X_{n1_i} \quad x2_i := X_{n2_i}$$

$$x3_i := X_{n3_i} \quad x4_i := X_{n4_i}$$

В) Из данных выборок по известному алгоритму в виде перемножения двух СВ, одна из которых распределена по Релею, а вторая по арксинусу, сформировать широкополосный модельный гауссов процесс как аддитивный и мультипликативный компоненты:

$$y_i := \sqrt{-2 \cdot \ln(x1_i + 10^{-20})} \cdot \sin(2 \cdot \pi \cdot x2_i) \quad \text{и} \quad ym_i := \sqrt{-2 \cdot \ln(x3_i + 10^{-20})} \cdot \sin(2 \cdot \pi \cdot x4_i)$$

2. Графическое представление возможных реализаций любого из случайных процессов. Анализ полученных результатов.

4 этап. Моделирование узкополосного гауссова шума. С этой целью выполнить следующие процедуры:

1. Ввод времени дискретизации: $\Delta := 0.1 \cdot 10^{-6}$

2. Расчет комплексного спектра модельных широкополосных гауссовых шумов:

$$Y2 := fft(y) \quad \text{и} \quad Ym_2 := fft(ym)$$

3. Ввод параметров полосового фильтра:

- полуширины полосы пропускания фильтра $\alpha := \frac{1}{2} \cdot 8 \cdot 10^5$

-угловой резонансной частоты фильтра $\omega_0 := 2 \cdot \pi \cdot 10^6$

-группового времени задержки $t_0 := \frac{\pi}{4 \cdot \alpha}$

-тип фильтра (1 – идеальный, 2 – гауссов) $No := 2$

-максимальное значение АЧХ фильтра $A_2 := 1$

4. Реализовать модели идеального и гауссова полосовых фильтров через их комплексные функции передачи:

$$T_{-1}(i) := \begin{cases} A_2 \cdot e^{-li \left(\frac{2 \cdot \pi \cdot i}{\Delta \cdot N_0} \cdot \omega_0 \right) \cdot t_0} & \text{if } \left| \frac{2 \cdot \pi \cdot i}{\Delta \cdot N_0} - \omega_0 \right| \leq \alpha \text{ и } T_{-2}(i) := A_2 \cdot e^{\frac{\left(\frac{2 \cdot \pi \cdot i}{\Delta \cdot N_0} - \omega_0 \right)^2}{\frac{2 \cdot \alpha^2}{\ln(2)}}} \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$T(i) := \begin{cases} T_{-1}(i) & \text{if } No := 1 \\ T_{-2}(i) & \text{if } No := 2 \end{cases}$$

4. Расчет комплексных спектров аддитивного и мультипликативного компонентов шума на выходе полосового фильтра:

$$Y_{3i} := Y_{2i} \cdot T(i) \text{ и } Y_{m_3i} := Y_{m_2i} \cdot T(i)$$

5. Построение амплитудных спектров и временных реализаций узкополосных аддитивного и мультипликативного компонентов шума на выходе полосового фильтра. Сравнение полученных реализаций шума друг с другом, а также соответствующих реализаций широкополосного и узкополосного процессов на входе и выходе ПФ, выводы.

6. Расчет математического ожидания, дисперсии и СКО узкополосного аддитивного и мультипликативного компонентов шума:

$$y_{2_cp} := \text{mean}(y_2) \quad y_{m2_cp} := \text{mean}(y_2)$$

$$d_{2_Y} := \text{var}(y_2) \quad \text{и} \quad dm_{2_Y} := \text{var}(y_2)$$

$$\sigma_{1add} := \sqrt{d_{2_y}} \quad \sigma_{1m} := \sqrt{dm_{2_y}}$$

7. Нормировка аддитивного узкополосного шума с целью получения для него единичной величины дисперсии:

$$i := 0..last(y_2)$$

$$y_{2_ni} := \frac{y_{2i}}{\sigma_{1add}}$$

5 этап. Моделирование мультипликативного компонента шума в виде случайного процесса, распределенного по Релею. С этой целью произвести следующие действия:

1. Расчет комплексного спектра узкополосного СП, сопряженного по Гильберту в виде:

$$i := 0..last(Y_{m_3})$$

$$Y_{ci} := -li \cdot Y_{m_3i}$$

2. Реализация сигнала по Гильберту посредством выполнения процедуры:

$$y_c := \text{iffi}(Y_c)$$

3. Формирование СП с релейским законом распределения посредством выполнения процедуры:

$$i := 0..last(y_c)$$

$$A_{3i} := \sqrt{(y_{ci})^2 + (y_{m_2i})^2}$$

4. Вычисление дисперсии и СКО релейского СП:

$$d_A3 := \text{var}(A3)$$

$$\sigma2 := \sqrt{d_A3}$$

5. Нормировка мультипликативного компонента шума с целью получения единичной дисперсии: $A3_i := \frac{A3_i}{\sigma2}$

6. Расчет математического ожидания, дисперсии и СКО мультипликативного компонента шума:

$$A3_cp := \text{mean}(A3)$$

$$d_A3 := \text{var}(A3)$$

$$\sigma2 := \sqrt{d_A3}$$

7. Расчет СКО аддитивного шума для заданного отношения сигнал/шум в канале связи:

А) ввести ОСШ в канале связи по мощности: $\rho := 10$

Б) Рассчитать СКО аддитивного шума: $\sigma2_{add} := \frac{1}{\sqrt{2 \cdot \rho}}$

8. Нормировка аддитивного шума в соответствии с ОСШ в канале связи:

$$i := 0.\text{last}(y2)$$

$$y3_ni := y2_i \cdot \sigma2_{add}$$

Контрольные вопросы:

1. Что понимают под источниками шумов естественного и искусственного происхождения? Приведите примеры.
2. Как градируют шумы и помехи по частотно-временным свойствам? Приведите примеры.
3. Какую природу имеют аддитивные шумы? Приведите примеры.
4. Что является основной причиной ухудшения помехоустойчивости приема цифровых сигналов?
5. Каковы свойства релейского и райсовского каналов связи?
6. Что представляет собой вероятность битовой ошибки и как ее оценить в статическом канале при бинарном законе манипуляции?
7. Понятие широкополосного и узкополосного шумов. Их свойства.

Лабораторная работа №4 «Модельные исследования статистических, числовых и спектральных характеристик аддитивного и мультипликативного компонентов шума, действующего в цифровом канале сотовой связи в среде MathCAD.»

Лабораторное задание:

Для разработанных моделей шумов по результатам выполнения третьей лабораторной работы выполнить следующие задания:

1. Исследовать свойства выборки СП с равномерным законом распределения.

1. Произвести проверку сформированной выборки СП на попадание значений в интервал от 0 до 1. С этой целью построить гистограмму сформированной выборки случайной величины СВ и убедиться, что все значения лежат в пределах от 0 до 1.

2. Построить гистограмму распределения СВ и проверить модельную совокупность значений СВ на равномерный закон распределения, выполнив процедуры (рекомендация в обозначениях совокупностей СВ для формирования аддитивного и мультипликативного компонентов шума - использовать аббревиатуру «add» и «m»):

А) задать число подинтервалов и номер текущего подинтервала попадания в него СВ: $N1 := \log(N0, 2) + 1$

$$k := 0, 1..N1$$

Б) задать ширину подинтервала: $h_{-X} := \frac{1-0}{N1}$

В) вычислить границы текущего подинтервала: $int_{-X_k} := 0 + h_{-X} \cdot k$

Г) вычислить число попаданий СВ в заданный подинтервал: $H_{-X} := hist(int_{-X}, X)$

Д) проверить соответствие числа попаданий СВ во весь интервал значений от 0 до 1 общему числу сформированных отсчетов СВ: $HX := \sum_0^{N1-1} H_{-X_k}$
 $HX = \quad \quad N0 =$

Е) вычислить значение плотности вероятности СВ как результат деления числа попаданий СВ в заданный подинтервал на ширину подинтервала: $H1_k := \frac{H_{-X_k}}{HX} \cdot \frac{1}{h_{-X}}$

Ж) построить гистограмму распределения сформированной СВ и теоретический равномерный закон распределения. Сравнить полученные результаты.

3. Проверить гипотезу о равномерном законе распределения сформированной СВ по критерию Пирсона. С этой целью выполнить следующие действия:

А) Задать доверительную вероятность: $P0 := 0.95$

Б) Записать критерий Пирсона: $\chi^2 := HX \cdot \sum_{i=0}^{N1-1} \frac{\left(\frac{H_{-X_i}}{HX} - h_{-X}\right)^2}{\frac{H_{-X_i}}{HX}}$ и $\chi^2 =$

В) Вычислить критическое значение критерия Пирсона: $\chi_{kr} := qchisq(P0, N1-1)$
и $\chi_{kr} =$

Г) Сравнить полученное значение критерия согласия с критическим значением, если выполнено неравенство вида $\chi^2 < \chi_{kr}$, то гипотеза о равномерном законе распределения сформированной последовательности отсчетов СВ не может быть отвергнута.

4. Рассчитать математическое ожидание, дисперсию и СКО СП с равномерным законом распределения

$$X_{-cp} := \frac{1}{N0} \sum_{i=0}^{N0-1} X_i$$

$$d_{-X} := \frac{1}{N0} \sum_{i=0}^{N0-1} (X_i - X_{-cp})^2$$

$$\sigma := \sqrt{d_{-X}}$$

5. Проанализировать полученные результаты.

2. Исследовать свойства модельных широкополосных шумов по алгоритму, изложенному в первом пункте лабораторного задания.

3. Исследовать свойства модельных узкополосных аддитивного и мультипликативного шумов по алгоритму, изложенному в первом пункте лабораторного задания.

Контрольные вопросы:

1. Какими свойствами обладает шумовой процесс с равномерным законом распределения?
2. Как рассчитать теоретические значения числовых характеристик такого процесса?
3. Что показали результаты сравнения характеристик модельного шума с известными теоретическими значениями?
4. Поясните алгоритм проверки гипотезы о равномерном законе распределения модельного шума.

5. Какими свойствами обладает широкополосный гауссов шумовой процесс?
6. Как рассчитать теоретические значения числовых характеристик такого процесса?
7. Что показали результаты сравнения характеристик модельного шума с известными теоретическими значениями?
8. Поясните алгоритм проверки гипотезы о нормальном законе распределения модельного шума.
9. Какими свойствами обладает узкополосный шумовой процесс?
10. Как рассчитать теоретические значения числовых характеристик такого процесса?
11. Что показали результаты сравнения характеристик модельного шума с известными теоретическими значениями?
12. Поясните алгоритм проверки гипотезы о нормальном законе распределения модельного шума.
13. Какими свойствами обладает СП с распределением по Релею.
14. Каким образом можно сформировать такой процесс из узкополосного СП?
15. Как рассчитать теоретические значения числовых характеристик такого процесса?
16. Что показали результаты сравнения характеристик модельного шума с известными теоретическими значениями?
17. Поясните алгоритм проверки гипотезы о законе распределения по Релею модельного шума.

3.3 Задание на курсовую работу «Модельные исследования помехоустойчивости приема сигнала GMSK в системах сотовой связи»

Задание на курсовую работу предусматривает разработку алгоритма и моделирование цифрового канала связи, предназначенного для передачи GMSK сигнала и подверженного влиянию аддитивного и мультипликативного шумов, а также проведение модельных исследований помехоустойчивости приема демодуляторов GMSK сигнала различного типа.

При выполнении заданий курсовой работы рекомендуется использовать пакет прикладных программ MathCAD, который является эффективным инструментарием количественного представления и исследования аналитических моделей.

Курсовая работа носит исследовательский характер, т.к. ее заключительным этапом является модельная оценка коэффициента битовых ошибок в зависимости от отношения сигнал/шум на входе демодулятора в составе РПУ цифрового канала сотовой связи.

Исходными данными к выполнению курсовой работы являются:

1. Скорость передачи информации ν кБит/с;
2. Амплитуда единичной посылки A_m , В;
3. Количество посылок информационной части временного слота $N=320$;
4. Неравномерность АЧХ в полосе пропускания гауссовского ФНЧ $\Delta = 3$ дБ;
5. Произведение полосы пропускания гауссовского ФНЧ на длительность элементарной посылки BT ;
6. Ослабление в полосе задерживания гауссовского ФНЧ $\sigma = 40$ дБ;
7. Тип ФНЧ, входящих в состав демодулятора – идеальный;
8. Тип ФПЧ – идеальный или гауссов с шириной полосы пропускания, равной ширине основного лепестка спектра GMSK сигнала;

9. Требования к шумовым компонентам канала передачи: аддитивный белый гауссов шум, узкополосный гауссов шум, мультипликативная помеха с распределением по Релею.

10. Отношение сигнал/ шум на входе демодулятора ρ по напряжению изменяется в пределах от -5 до 5 дБ с шагом 0,5 дБ.

Числовые значения исходных параметров цифрового канала передачи для различных вариантов выполнения курсовой работы приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Таблица исходных данных для выполнения КР

№ варианта	Скорость передачи информации, кбит/с	Тип шумового компонента	Тип демодулятора	Величина параметра ВТ
1	1152	Аддитивный и мультипликативный	Беспороговый демодулятор 1 типа	0,5
2	270, 833	Аддитивный и мультипликативный	Беспороговый демодулятор 1 типа	0,3
3	1152	Аддитивный и мультипликативный	Беспороговый демодулятор 2 типа	0,5
4	270, 833	Аддитивный и мультипликативный	Беспороговый демодулятор 2 типа	0,3
5	1152	Аддитивный и мультипликативный	Беспороговый демодулятор 3 типа	0,5
6	270, 833	Аддитивный и мультипликативный	Беспороговый демодулятор 3 типа	0,3
7	1152	Аддитивный и мультипликативный	Автокорреляционный демодулятор	0,5
8	270, 833	Аддитивный и мультипликативный	Автокорреляционный демодулятор	0,7
9	1152	Аддитивный и мультипликативный	Беспороговый демодулятор 1 типа	0,7
10	270, 833	Аддитивный и мультипликативный	Беспороговый демодулятор 1 типа	0,7
11	1152	Аддитивный и мультипликативный	Автокорреляционный демодулятор	0,7
12	270, 833	Аддитивный и мультипликативный	Автокорреляционный демодулятор	0,7

Курсовая работа заключается в решении следующих частных задач:

1. Разработка и программная реализация алгоритма формирования GMSK сигнала с заданными параметрами.
2. Разработка и программная реализация алгоритма детектирования GMSK сигнала с заданными параметрами.
3. Разработка и программная реализация алгоритма формирования аддитивного узкополосного гауссова шума и мультипликативного компонента шума с распределением по Релею, воздействующих в совокупности с полезным радиосигналом на вход демодулятора.
4. Разработка и программная реализация алгоритма оценки помехоустойчивости демодулятора при приеме GMSK сигнала на фоне шумов.

5. Модельные исследования коэффициента битовых ошибок в зависимости от отношения сигнал/шум на входе демодулятора.
6. Оценка результатов модельного эксперимента.

В ходе решения **первой частной задачи** необходимо:

1. Исходя из заданной скорости передачи информации, рассчитать длительность посылки и частоту манипуляции сигнала.
2. Синтезировать информационный (испытательный) сигнал в виде дискретной бинарной случайной последовательности прямоугольных импульсов, соответствующий передаваемой последовательности логических «нулей» и «единиц».
3. Выбрать частоту дискретизации.
4. Синтезировать нерекursивный цифровой гауссовский фильтр с гауссовской АЧХ и линейной ФЧХ.
5. Синтезировать цифровой интегратор.
6. Синтезировать функциональные преобразователи, повышающие преобразователи частоты и сумматор.
7. Провести верификацию реализованной модели формирователя GMSK сигнала, результатом которой должны быть: временные реализации испытательного дискретного сигнала, дискретного сигнала на выходе цифрового гауссова ФНЧ, дискретного сигнала на выходе интегратора, дискретных сигналов на выходах функциональных преобразователей; требуемых модуля и аргумента комплексного коэффициента передачи гауссова ФНЧ и синтезированного гауссова ФНЧ; амплитудные спектры дискретных сигналов на входе и выходе цифрового гауссова ФНЧ, на выходе цифрового формирователя GMSK сигнала при наличии и отсутствии в его структуре гауссова ФНЧ.
8. Провести анализ полученных результатов моделирования процесса функционирования цифрового формирователя GMSK сигнала.

В ходе решения **второй частной задачи** необходимо:

1. Исходя из заданной структурной схемы демодулятора GMSK сигнала, разработать и реализовать в программном виде алгоритм демодуляции.
2. Провести верификацию реализованной модели демодулятора GMSK сигнала, результатом которой должны быть: временные реализации и амплитудные спектры дискретных сигналов на выходах отдельных блоков демодулятора и трактовка полученных графических зависимостей. Сравнительная оценка испытательного дискретного сигнала и сигнала на выходе демодулятора в отсутствии шумовых компонент в цифровом канале.

В ходе решения **третьей частной задачи** необходимо реализовать алгоритм формирования моделей аддитивного и мультипликативного компонентов шума, состоящий из следующих этапов:

1. Формирование двух выборок случайной величины (СВ), равномерно распределенной в интервале значений $[0;1]$.
2. Формирование случайного широкополосного процесса с ограниченным спектром.
3. Формирование узкополосного случайного процесса (СП) с гауссовским законом распределения (модель аддитивного компонента шума).

4. Формирование мультипликативной помехи с распределением Релея как огибающей узкополосного СП.
5. Провести верификацию реализованных моделей аддитивного и мультипликативного компонентов шума, а именно, оценку вероятностных и числовых характеристик модельных шумов и помех, которая заключается в построении гистограмм распределения случайной величины для каждой помехи или шума, проверке гипотезы о распределении модельных СП по критерию Пирсона, расчете математического ожидания, среднеквадратического отклонения (СКО) и дисперсии СП; сравнении полученных результатов моделирования с теоретическими законами.

В ходе решения **четвертой частной задачи** необходимо синтезировать решающее устройство на основе интегратора для принятия решения о передаче логической единицы или логического нуля и реализовать алгоритм вычисления коэффициента битовых ошибок.

В ходе решения **пятой частной задачи** необходимо провести модельные исследования коэффициента битовых ошибок в зависимости от отношения сигнал/шум на входе демодулятора. С этой целью необходимо создать единый программный код, объединяющий в себе реализованные на различных этапах моделирования модели сигналов, шумов и процессов их обработки, разработать план модельного эксперимента, а также выработать методику оценки его результатов.

На заключительном этапе следует провести обработку полученных результатов модельного эксперимента, построить графические зависимости коэффициента битовых ошибок от отношения сигнал/шум при наличии в цифровом канале передачи данных аддитивного и аддитивно-мультипликативного компонентов шума, сравнить помехоустойчивость демодулятора при воздействии на его вход различного рода помех и шумов, по возможности произвести сравнение модельной оценки коэффициента битовых ошибок с нормами, установленными на данный параметр для цифровых систем передачи.

3.5. Тематика работ на самостоятельную проработку курсанту/студенту указана в таблицах 8.1-8.3 РПД.

3.6 Методические материалы, определяющие процедуры использования оценочных средств

Изучение дисциплины «Системы мобильной связи» сопровождается рейтинговой системой контроля знаний обучающихся.

3.6.1 Методика подготовки и проведения занятий

Основными видами учебных занятий по дисциплине являются: лекции, лабораторные и практические занятия.

В ходе изучения дисциплины предусматривается применение эффективных методик обучения, которые предполагают постановку вопросов проблемного характера с разрешением их, как непосредственно в ходе занятий, так и в ходе самостоятельной работы.

Изучение разделов 2, 4 сопровождается лабораторными занятиями, разделов 1, 3, 4, 6 практическими занятиями, в ходе которых происходит закрепление теоретических знаний, формирование и совершенствование умений, навыков и компетенций.

Лабораторные занятия проводятся в компьютерном классе №403 УК-2. Программное обеспечение проведения виртуальных лабораторных занятий обеспечивает результатами модельных экспериментов подтверждение теоретического материала, рассматриваемого в дисциплине.

Перед началом занятий преподаватель проводит инструктаж по технике электробезопасности и пожарной безопасности.

Практические занятия проводятся с целью приобретения обучающимися умений и навыков, необходимых в практической деятельности.

В ходе практических занятий обучающиеся приобретают навыки в решении практических задач по темам указанных выше разделов.

Формирование знаний обучающихся, по основам построения систем мобильной связи, обеспечивается проведением лекционных занятий в течение девятого семестра и семестра А обучения при очной форме обучения и 2 и 3 сессии 6 курса при заочной форме обучения. Закрепление теоретических знаний и приобретение умений, навыков и компетенций осуществляется в ходе лабораторных и практических занятий в девятом семестре и семестре А обучения и на 6 курсе заочной формы обучения (сессии 2 и 3).

Отдельным разделом дисциплины является курсовая работа, которая направлена на привитие навыков самостоятельного решения инженерных задач по реализации моделей типового цифрового канала системы мобильной связи и исследования его характеристик на основе применения полученных знаний в ходе лекционных, лабораторных и практических занятий. Обучающимся необходимо рекомендовать широкое использование ПЭВМ и средств компьютерного моделирования. В этом плане роль консультаций должна сводиться, в основном, к помощи в изучении оригинальных программ и методов решения задач анализа и синтеза.

Контроль знаний в ходе изучения дисциплины осуществляется в виде текущих и рубежного контролей, а также промежуточной аттестации в форме зачета с оценкой и итоговой аттестации в форме экзамена.

Текущий и рубежный контроли предназначены для проверки хода и качества усвоения курсантами учебного материала и стимулирования учебной работы курсантов. Они могут осуществляться в ходе всех видов занятий в форме, избранной преподавателем или предусмотренной рабочей программой дисциплины.

Текущий и рубежный контроли предполагают постоянный контроль преподавателем качества усвоения учебного материала, активизацию учебной деятельности курсантов на занятиях, побуждение их к самостоятельной систематической работе. Он необходим курсантам для самоконтроля на разных этапах обучения. Их результаты учитываются выставлением оценок в журнале учета успеваемости.

Практически на всех занятиях может применяться выборочный контроль, который имеет целью убедиться, в какой степени усвоен материал курсантами.

Преподавателем в ходе лекций, проведения практических занятий проверяется, как правило, качество ведения конспектов.

К дифференцированному зачету допускаются курсанты, имеющие по всем текущим контролям за девятый семестр положительные оценки. Допускается проведение зачета с оценкой в письменной форме.

К экзамену допускаются курсанты, имеющие по всем текущим и рубежному контролю за семестр А положительные оценки.

Билет экзамена (зачета) содержит два вопроса из изучаемой тематики разделов, указанных в РПД.

Выбор вопросов осуществляется из принципа равной сложности всех билетов и наибольшего охвата каждым билетом учебного материала.

Подготовка к экзамену ведется по конспекту лекций, рекомендуемым к изучению в начале курса учебникам и учебным пособиям. В ходе подготовки к экзамену преподаватель проводит консультацию, на которой доводится порядок проведения экзамена и даются ответы на вопросы, вызвавшие наибольшие затруднения у курсантов в процессе подготовки.

Экзамен проводится в день, указанный в расписании занятий.

Курсант, прибывший для сдачи экзамена, докладывает экзаменатору, принимающему экзамен, сдает ему зачетную книжку, получает билет на бланке установленной формы и занимает указанное ему место для подготовки. После получения

билета в течение 45 минут курсант имеет право готовиться к ответу. На ответ по билету отводится до 15 минут.

Готовясь к ответу, курсант обязан все доказательства, формулы, графики и т.д. записывать и изображать на полученном листе так, чтобы по письменным записям можно было бы оценить уровень знаний без устных пояснений.

Ответ курсанта должен быть четким, конкретным и кратким. Об окончании ответа на вопрос аттестуемый докладывает. После ответа преподаватель задает вопросы, помогающие ему выявить ход мыслей курсанта, логику его рассуждений и способность применять полученные знания в практической деятельности. Если требуется уточнить оценку или степень знаний курсанта по тому или иному вопросу, задаются дополнительные вопросы.

Во время экзамена (зачета) должна соблюдаться дисциплина и порядок, разговоры курсантов между собой не допускаются. Если во время экзамена у экзаменуемого возникает необходимость обратиться к преподавателю, то курсант поднимает руку и просит подойти к нему преподавателя. Кроме авторучки, калькулятора, билета и бланка для ответа на столе не должно быть ничего. Пользоваться конспектами, учебниками, учебными пособиями и иными дополнительными материалами, раскрывающими содержание вопросов, не разрешается.

Курсантам, пользующимся на экзамене материалами, различного рода записями, техническими средствами, не указанными в перечне разрешенных, выставляется оценка «неудовлетворительно».

Знания, умения и навыки курсантов определяются оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно». Общая оценка объявляется курсанту сразу после окончания его ответа на экзамене. Положительная оценка («отлично», «хорошо», «удовлетворительно») заносится в ведомость и зачетную книжку. Оценка «неудовлетворительно» выставляется только в ведомость.

3.6.2 Система контроля знаний

Рейтинговая система контроля и оценки знаний обучающихся – это комплекс учебных, организационных и методических мероприятий, направленных на обеспечение систематической творческой работы курсантов, повышение самостоятельности и самостоятельности учебы. Она обеспечивает реализацию принципов обратной связи в процессе учебы и включает в себя:

1. Схему контрольных мероприятий;
2. Критерии оценки знаний, умений и навыков.

Максимальное количество баллов (рейтинг), которое может получить курсант, определяется количеством часов, отводимых на изучение данной дисциплины – 180.

Схема контрольных мероприятий по семестрам приведена в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 - Схема контрольных мероприятий в девятом семестре обучения

Вид контрольного мероприятия	Этапы контрольных мероприятий						
	ТК1*	ТК2	ТК3	ТК4	РК	ПА	Итого
Зачет с оценкой	-	-	-	-	-	27	27
Выполнение заданий на практических занятиях	6	4	3	2	-	-	15
Лабораторные работы	3	3	3	3	-	-	12
Посещение лабораторных занятий	0,5	0,5	0,5	0,5	-	-	2
Компонент своевременности защит лабораторных работ	0,25	0,25	0,25	0,25	-	-	1
Ведение конспекта лекций	-	-	-	-	15	-	15
Итого	9,75	7,75	6,75	5,75	15	27	72

*ТК – текущий контроль, включающий выполнение и защиту лабораторных работ (ТК1-ТК4), выполнений заданий на практических занятиях по 1, 3, 4 и 5 разделам РПД (ТК1-ТК4); РК – рубежный контроль, включающий проверку конспекта лекционного материала; ПА – промежуточная аттестация по ОП, включающая сдачу зачета с оценкой в девятом семестре обучения.

Таблица 2 - Схема контрольных мероприятий в семестре А обучения

Вид контрольного мероприятия	Этапы контрольных мероприятий						
	ТК1*	ТК2	ТК3	ТК4	РК	ПА	Итого
Экзамен	-	-	-	-	-	36	36
Выполнение заданий на практических занятиях	7	7	7	7	-	-	28
Выполнение и защита курсовой работы	-	-	-	-	24	-	24
Выполнение заданий на самостоятельную работу курсанта	-	-	-	-	6	-	15
Ведение конспекта лекций					14		14
Итого	7	7	7	7	44	36	108

*ТК – текущий контроль, включающий выполнение заданий на практических занятиях по 7 темам 6 раздела РПД (ТК1-ТК4); РК – рубежный контроль, включающий выполнение курсовой работы, ведение конспекта лекций и выполнение заданий на самостоятельную работу курсанта по 7 разделу РПД; ПА – промежуточная аттестация по ОП, включающая сдачу экзамена в семестре А обучения.

В таблицах 3 и 4 представлено соответствие рейтинговых баллов и оценки по 4-х балльной шкале, выставляемых за каждый этап контрольного мероприятия в семестрах обучения.

Таблица 3 - соответствие рейтинговых баллов и оценки по 4-х балльной шкале в девятом семестре

Оценка	Этапы контрольных мероприятий						
	ТК1	ТК2	ТК3	ТК4	РК	Итого до ПА	ПА
неудовлетворительно	0-2,4	0-1,9	0-1,7	0-1,4	0-3,75	0-11,15	0-16
удовлетворительно	2,5-4,8	2,0-3,8	1,8-3,4	1,5-2,8	3,76-7,5	11,56-22,3	17-19
хорошо	4,9-7,3	3,9-5,8	3,5-5,1	2,9-4,2	7,51-11,25	22,71-33,65	20-24
отлично	7,4-9,75	5,9-7,75	5,2-6,75	4,3-5,75	11,3-15	34,1-45	25-27

Таблица 4 - соответствие рейтинговых баллов и оценки по 4-х балльной шкале в семестре А

Оценка	Этапы контрольных мероприятий						
	ТК1	ТК2	ТК3	ТК4	РК	Итого до ПА	ПА
неудовлетворительно	0-1,75	0-1,75	0-1,75	0-1,75	0-11	0-18	9
удовлетворительно	1,8-3,5	1,8-3,5	1,8-3,5	1,8-3,5	12-22	19,2-36	18
хорошо	3,6-5,25	3,6-5,25	3,6-5,25	3,6-5,25	23-33	37,4-54	27
отлично	5,3-7	5,3-7	5,3-7	5,3-7	34-44	55,2-72	36

Критерии выставления оценок за лабораторные (практические) работы:

Оценка «отлично» выставляется, если курсант показал глубокие знания и понимание программного материала по теме лабораторной (практической) работы, умело увязывает лекционный материал с практикой, грамотно и логично строит ответ на контрольные вопросы.

Оценка «хорошо» выставляется, если курсант твердо знает программный материал по теме лабораторной (практической) работы, грамотно его излагает, не допускает существенных неточностей в ответе на контрольные вопросы. Правильно применяет полученные знания при решении практических вопросов.

Оценка «удовлетворительно» выставляется, если курсант имеет знания только основного материала по поставленным контрольным вопросам, но не усвоил его деталей, для принятия правильного решения требует наводящих вопросов, допускает отдельные неточности или недостаточно четко излагает учебный материал по теме лабораторной (практической) работы.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется, если курсант допускает грубые ошибки в ответе на контрольные вопросы, не может применять полученные знания на практике.

Критерии выставления оценок за курсовую работу:

Оценка «отлично» выставляется, если курсант свободно увязывает принятые им способы решения поставленных задач с теоретическими положениями, легко ориентируется в написанном им тексте, работа оформлена технически грамотно.

Оценка «хорошо» выставляется, если курсант может обосновать применённые способы решения задач, но может допускать мелкие ошибки, свободно понимает, как их можно исправить, работа оформлена в основном технически грамотно.

Оценка «удовлетворительно» выставляется, если курсант увязывает принятые им способы решения поставленных задач с теоретическими положениями посредством наводящих вопросов, иногда с затруднениями понимает, как можно исправить мелкие ошибки, имеются погрешности в оформлении работы.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется, если выясняется, что курсант выполнил курсовую работу формально, без понимания принципов решения поставленных задач, не ориентируется в написанном им тексте, при защите не понимает, как исправить допущенные ошибки.

Критерии выставления оценок за экзамен (зачет с оценкой):

Оценка «отлично» выставляется, если курсант показал глубокие знания и понимание программного материала по поставленному вопросу, умело увязывает его с практикой, грамотно и отлично строит ответ, быстро принимает оптимальные решения при решении практических вопросов и задач.

Оценка «хорошо» выставляется, если курсант твердо знает программный материал, грамотно его излагает, не допускает существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет полученные знания при решении практических вопросов и задач.

Оценка «удовлетворительно» выставляется, если курсант имеет знания только основного материала по поставленному вопросу, но не усвоил деталей, требует в отдельных случаях наводящего вопроса для принятия правильного решения, допускает отдельные неточности;

Оценка «неудовлетворительно» выставляется, если курсант допускает грубые ошибки в ответе на поставленный вопрос, не может применить полученные знания на практике.

Итоговая оценка за экзамен (зачет с оценкой) выводится по двум частным оценкам как среднее арифметическое с округлением в меньшую или большую сторону в зависимости от дробной части.

Если суммарный рейтинговый балл, набранный курсантом за этапы контрольных мероприятий, предшествующих ПА, соответствует категории «отлично», то курсант может быть освобожден от сдачи экзамена (зачета с оценкой) с выставлением ему оценки «отлично».

Если суммарный рейтинговый балл, набранный курсантом за этапы контрольных мероприятий, предшествующих ПА, соответствует категории «хорошо», то курсант может быть освобожден от сдачи экзамена (зачета с оценкой) с выставлением ему оценки «хорошо», либо курсант проходит ПА с целью повышения оценки до «отлично».

Если суммарный рейтинговый балл, набранный курсантом за этапы контрольных мероприятий, предшествующих ПА, соответствует категории «удовлетворительно», то курсант проходит ПА на общих основаниях.

Если суммарный рейтинговый балл, набранный курсантом за этапы контрольных мероприятий, предшествующих ПА, соответствует категории «неудовлетворительно», то курсант проходит ПА на следующих основаниях:

1) при условии положительного результата прохождения ПА курсанту выставляется оценка «удовлетворительно», если курсант дополнительно дает ответы соответствующего уровня на контрольные вопросы и задания по тем этапам контроля, по которым имеет неудовлетворительную оценку;

2) при условии положительного результата прохождения ПА курсанту выставляется оценка «хорошо» или «отлично», если курсант дополнительно дает ответы соответствующего уровня на контрольные вопросы и задания по тем этапам контроля, по которым имеет оценку «удовлетворительно» или «неудовлетворительно».

4 Перечень типовых вопросов на зачет с оценкой

1. Архитектура сетей связи. Модель взаимодействия открытых систем ISO/OSI.
2. Структура сетей мобильной связи. Классификация систем мобильной связи.
3. Общая характеристика систем транкинговой связи.
4. Отличия транкинговой системы связи от конвенциональной. Предоставляемые услуги транкинговыми системами связи.
5. Классификация сетей транкинговой связи: по методу передачи речевой информации, в зависимости от количества БС и общей архитектуры, по методу объединения БС в многозоновых системах, по типу многостанционного доступа, по способу поиска и назначения канала.
6. Классификация сетей транкинговой связи: по типу канала управления, по способу удержания канала.
7. Принцип построения и обобщенная структурная схема TCP. Архитектура многозоновых TCP.
8. Стандарт MPT 1327.
9. Стандарты на радиointерфейсы MPT 1347 (радиointерфейс и контроллеры базовых станций) и 1343 (абонентское радиооборудование)
10. Протокол доступа к подвижной сети радиосвязи MAP 27
11. Система EDACS.
12. Система TETRA.
13. Классификация пейджинговых систем.
14. Протокол MBS (Mobile Search). Пейджинговый протокол POCSAG.
15. Пейджинговый протокол ERMES.
16. Пейджинговый протокол FLEX.
17. Классификация систем персональной спутниковой связи СПСС.
18. СПСС Iridium. СПСС Globalstar.
19. СПСС «Гонец».
20. Принципы построения систем сотовой связи: принцип многократного использования частотного ресурса.

21. Аналоговые сотсовые системы мобильной связи (AMPS, TACS, NMT).
22. Цифровые ССМС второго поколения (D-AMPS, GSM, GPRS, EDGE).
23. ССМС третьего поколения (3G, UTRAN, HSPA).
24. ССМС четвертого поколения мобильной связи (WiMAX, LTE, MIMO).
25. ССМС пятого поколения мобильной связи.
26. Типовая структурная схема ССМС.
27. Дискретные форматы фазовой манипуляции. Бинарная фазовая манипуляция (BPSK). Квадратурная фазовая манипуляция QPSK.
28. Формат квадратурной фазовой манипуляции со сдвигом OQPSK.
29. Формат квадратурной фазовой манипуляции $\pi/4$ - QPSK
30. Принципы формирования и основные параметры FSK сигнала, частотно-манипулированного сигнала с непрерывной фазой CPFSK.
31. Дискретные форматы частотной манипуляции: MSK, GMSK.
32. Множественный доступ с частотным разделением каналов.
33. Множественный доступ с временным разделением каналов.
34. Множественный доступ с кодовым разделением каналов.
35. Абонентская емкость сотовых систем мобильной связи.
36. Организация дуплексного режима в ССМС.
37. Управление мощностью в каналах с открытой петлей.
38. Управление мощностью в каналах с замкнутой петлей.
39. Классификация методов разнесения.
40. Классификация методов обработки сигналов при разнесенном приеме.
41. Селективное комбинирование, метод переключения с фиксированным порогом, автовыбор со сканированием.
42. Оптимальное когерентное сложение.
43. Равновесное когерентное сложение.
44. Дискретное (мажоритарное) сложение
45. Многолучевое разнесение. Структурная схема RAKE приемника.
46. Подавление межсимвольной интерференции.
47. Алгоритм Витерби.
48. Эквалайзинг.

4.1 Примеры типовых экзаменационных билетов по дисциплине «Системы мобильной связи»

БАЛТИЙСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ РЫБОПРОМЫСЛОВОГО ФЛОТА

Экзаменационный билет № 7

Дисциплина:	Системы мобильной связи	Специальность:	25.05.03
Семестр:	А		
Кафедра:	СРТС		

1.	Принцип помехоустойчивого кодирования. Модель передачи данных с использованием помехоустойчивого кодирования.
2.	Определите, содержит или нет принятая кодовая комбинация циклического кода 1111000 ошибки, если вид образующего полинома $P_1(x) = x^3 + x^2 + 1$.

Билет рассмотрен и утвержден на заседании кафедры	Дата: 04.04.18	Протокол №7
Заведующий кафедрой	подпись	Волхонская Е.В. ФИО

БАЛТИЙСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ РЫБОПРОМЫСЛОВОГО ФЛОТА

Экзаменационный билет № 15

Дисциплина:	Системы мобильной связи	Специальность:	25.05.03
Семестр:	А		
Кафедра:	СРТС		

1.	Синдромное декодирование линейных блочных кодов.
2.	Сгенерировать код Хемминга для информационного кодового слова 101110100001.

Билет рассмотрен и утвержден на заседании кафедры	Дата: 04.04.18	Протокол №7
Заведующий кафедрой	подпись	Волхонская Е.В. ФИО

5 Формат сведений о ФОС и ее согласовании

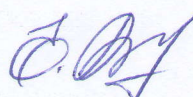
Фонд оценочных средств для аттестации по дисциплине представляет собой приложение к рабочей программе дисциплины

«Системы мобильной связи»

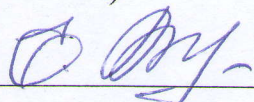
(наименование дисциплины)

образовательной программы специалитета по специальности 25.05.03 «Техническая эксплуатация транспортного радиооборудования», специализации 25.05.03 «Инфокоммуникационные системы на транспорте и их информационная защита» и соответствует учебному плану, утвержденному 31 января 2018 г. и действующему для курсантов (студентов), принятых на первый курс, начиная с 2013 года.

Автор (ы) фонда – Волхонская Е.В.



Фонд оценочных средств рассмотрен и одобрен на заседании кафедры судовых радиотехнических систем
(протокол № 9 от 18 июня 2018 г.)

Заведующий кафедрой  /Е.В. Волхонская/

Фонд оценочных средств рассмотрен и одобрен на заседании методической комиссии радиотехнического факультета
(протокол № 6 от 27 июня 2018 г.)

Председатель методической комиссии  /А.Г. Жестовский/

Согласовано
начальник отдела

мониторинга и контроля  /Ю.В. Борисевич/