

# **Системы и сети подвижной радиосвязи**

**Учебно-методический комплекс**

**Санкт-Петербург  
2009**

# **ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ**

**Государственное образовательное учреждение высшего профессионального  
образования**

**СЕВЕРО-ЗАПАДНЫЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЗАОЧНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**Кафедра радиотехники**

## **Системы и сети подвижной радиосвязи**

### **Учебно-методический комплекс**

**Информация о дисциплине**

**Рабочие учебные материалы**

**Информационные ресурсы дисциплины**

**Блок контроля освоения дисциплины**

**Институт радиоэлектроники**

**Специальность**

**210302.65 – радиотехника**

**Санкт-Петербург  
Издательство СЗТУ  
2009**

Утверждено редакционно-издательским советом университета  
УДК 621. 396. 62 (017)

**Системы и сети подвижной радиосвязи:** учебно-методический комплекс (информация о дисциплине, рабочие учебные материалы, информационные ресурсы дисциплины, блок контроля освоения дисциплины) / сост. Ю.К. Выболдин.– СПб.: Изд-во СЗТУ, 2009. – 43 с.

Учебно-методический комплекс (УМК) разработан в соответствии с требованиями государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования.

В дисциплине рассмотрены вопросы теории и общие принципы построения систем связи с подвижными объектами различных стандартов, методы обеспечения их основных технических характеристик.

Рассмотрено на заседании кафедры радиотехники 10 декабря 2007 г., одобрено методической комиссией факультета радиоэлектроники 17 января 2008 г.

Рецензенты: кафедра радиотехники СЗТУ (зав. кафедрой Г.И. Худяков, д-р техн. наук, проф.); Л.Х. Нурмухамедов, канд. техн. наук, засл. машиностроитель России, доц. кафедры технической электроники Санкт-Петербургского государственного университета кино и телевидения.

Составитель Ю.К. Выболдин, канд. техн. наук, доц.

© Северо-Западный государственный заочный технический университет,  
2009

# 1. Информация о дисциплине

## 1.1. Предисловие

Дисциплина “Системы и сети подвижной радиосвязи” является специальной дисциплиной, обеспечивающей подготовку по направлению 210300 – радиотехника (специальность 210302.65 – радиотехника) и изучается студентами очно-заочной и заочной форм обучения. Дисциплина включает в себя разделы: основы построения систем радиосвязи с подвижными объектами, основные характеристики систем подвижной радиосвязи и перспективы развития систем подвижной радиосвязи.

**Целью изучения дисциплины** является изучение принципов построения современных систем радиосвязи с подвижными объектами, а также создаваемых на их основе сетей подвижной радиосвязи.

**Задачи изучения дисциплины** – усвоение основных положений современной теории систем радиосвязи с подвижными объектами.

В результате изучения дисциплины студент должен овладеть основами знаний по дисциплине, формируемыми на нескольких уровнях.

**Иметь представление:**

- о целях применения систем радиосвязи с подвижными объектами;
- об областях применения и перспективах развития систем радиосвязи с подвижными объектами.

**Знать:**

- характеристики каналов и условия функционирования систем и сетей подвижной радиосвязи;
- принципы построения, структуры и алгоритмы функционирования систем и сетей радиосвязи с подвижными объектами;
- состояние, тенденции и перспективы развития систем и сетей подвижной радиосвязи.

**Уметь:** применять полученные знания для анализа и проектирования современных систем связи.

**Владеть:** методами кодирования и декодирования информации в сотовой системе связи стандарта GSM.

**Место дисциплины в учебном процессе**

Дисциплина “Системы и сети подвижной радиосвязи” базируется на знании следующих дисциплин: “Устройства СВЧ и антенны”, “Устройства генерирования и формирования сигналов”, “Устройства приема и обработки сигналов”, “Радиотехнические системы передачи информации”, “Статистическая теория радиотехнических систем”, “Сетевые информационные технологии”.

Дисциплина “Системы и сети подвижной радиосвязи” изучается в 11 семестре. Учебным планом предусмотрены лекции и практические занятия, а из контрольных мероприятий – контрольная работа и экзамен.

Основная форма изучения материала – самостоятельная работа студента над литературой. По наиболее трудным разделам программы читаются лекции, проводятся консультации. Материалы курса целесообразно изучать в том порядке, в каком они изложены в рабочей программе. Переходить к изучению следующей темы можно лишь после полного усвоения предыдущей.

Материал, включенный в рабочую программу, с достаточной полнотой изложен в монографиях [1] и [2] и в учебном пособии [3]. Для более глубокого изучения рабочей программы и дипломного проектирования рекомендуется дополнительная литература [4–21].

## 1.2. Содержание дисциплины и виды учебной работы

### Объем дисциплины и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов		
	Форма обучения		
	Очная	Очно-заочная	Заочная
Общая трудоемкость дисциплины (ОТД)	<b>130</b>		
Работа под руководством преподавателя(РпРП)	<b>78</b>	<b>78</b>	<b>78</b>
В том числе аудиторные занятия:	<b>60</b>	<b>30</b>	<b>14</b>
лекции	<b>40</b>	<b>20</b>	<b>10</b>
практические занятия (ПЗ)	<b>20</b>	<b>10</b>	<b>4</b>
лабораторные работы (ЛР)	-	-	-
семинары (С)	-	-	-
другие виды аудиторных занятий			
Самостоятельная работа студента (СР)	<b>52</b>	<b>52</b>	<b>52</b>
Промежуточный контроль, количество	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>2</b>
В том числе: курсовой проект (работа)	-	-	-
контрольная работа (реферат)	-	<b>1</b>	<b>1</b>
Вид итогового контроля (зачет, экзамен)	<b>Экзамен</b>		

### **Перечень видов практических занятий и контроля:**

- тест (общий по дисциплине);
- одна контрольная работа (для очно-заочной и заочной форм обучения);
- практические занятия – 10 часов (для очно-заочной формы обучения);
  - 4 часа (для заочной формы обучения);
- экзамен.

## **2. Рабочие учебные материалы**

### **2.1. Рабочая программа (объем 130 часов)**

#### **Введение (1 час)**

[3], с. 7...12

Системы связи с подвижными объектами – одна из наиболее быстро развивающихся областей в сфере телекоммуникаций. Это связано с возможностью предоставления ими услуг по передаче информации потребителю в любом месте и в любое время при достаточно высоком качестве. Кроме услуг по передаче телефонного трафика современные системы подвижной связи способны передать данные и изображения, работать в пакетном режиме, взаимодействовать с информационными системами, образуя сети связи регионального и глобального масштабов.

Однако подвижная связь имеет принципиальные отличия от других телекоммуникационных систем. Это связано с необходимостью экономно использовать выделенный частотный ресурс при работе в каналах связи с многолучевостью и высоким уровнем помех. Обеспечивать в таких условиях высокую пропускную способность системы стало возможно путем использования современных технологий цифровой обработки сигналов, реализованной на базе быстродействующих процессоров.

Учебной программой дисциплины предусмотрено изучение основ теории и принципов построения систем радиосвязи с подвижными

объектами, способов формирования цифровых сигналов при передаче речи и данных, их модуляции и демодуляции, а также изучение характеристик систем подвижной связи основных используемых в настоящее время стандартов и перспектив их развития.

## **Раздел 1. Основы построения систем радиосвязи с подвижными объектами (39 часов)**

### **1.1. Основные характеристики и классификация систем радиосвязи с подвижными объектами (5 часов)**

[1], с. 8...29, 304...316; [2], с. 13...45

Виды передаваемой информации. Направленность связи. Зоны обслуживания. Категории и число обслуживаемых абонентов. Соединение с телефонной сетью. Диапазон частот. Виды модуляции сигнала. Методы разделения каналов. Многостанционный доступ. Асинхронные и синхронные системы.

Классификация систем подвижной радиосвязи. Тенденции развития сухопутных систем связи с подвижными объектами общего пользования. Глобальная информационная инфраструктура.

### **1.2. Характеристики радиоканалов систем и сетей подвижной связи (8 часов)**

[1], с. 30...45; [2], с. 27...60; [3], с. 201...242

Классификация помех, воздействующих на системы и сети подвижной радиосвязи. Характеристики теплового шума и шумов искусственного происхождения. Характеристики импульсных помех. Затухание радиоволн в диапазонах частот подвижной радиосвязи. Многолучевое распространение и затухание сигналов в каналах подвижной радиосвязи.

### **1.3. Спектрально-эффективные методы цифровой модуляции (10 часов)**

[3], с. 87...139

Эффективность использования радиоспектра. Цифровая модуляция. Квадратурная фазовая модуляция. Гауссовская частотная модуляция с минимальным сдвигом. Комбинированные методы модуляции. Модуляция с расширенным спектром. Прямое расширение спектра. Расширение спектра скачками по частоте.

### **1.4. Эффективность систем подвижной радиосвязи (6 часов)**

[1], с. 46... 89; [3], с. 87...168

Критерии качества, используемые для оценки эффективности систем подвижной радиосвязи. Способы увеличения пропускной способности систем радиосвязи. Разделение обслуживаемой территории на соты. Автоматическое регулирование мощностей передатчиков. Динамическое распределение каналов. Основные принципы работы систем подвижной связи со сложными сигналами. Критерии выбора кодовых последовательностей. Распределение частотных каналов между станциями. Алгоритмы многостанционного доступа.

### **1.5. Преобразование и кодирование речи и данных в системах подвижной связи ...(10 часов)**

[2], с. 20...105; [3], с. 76...86; [14] с. 27...82

Дискретизация и восстановление речевых сигналов. Требования к кодерам и декодерам речи. Принципы сжатия речевых сигналов. Адаптивная дифференциальная импульсно-кодовая модуляция. Квантование речевого сигнала на основе линейного предсказания. Принципы прерывистой передачи речи. Оценка качества передачи речевого сигнала.

Передача данных в сетях подвижной связи.

Кодирование и перемежение сигналов в системах подвижной связи. Блоковое кодирование. Сверточное кодирование.



## **Раздел 2. Основные характеристики систем подвижной радиосвязи**

### **2.1. Системы персонального радиовызова**

(4 часа)

[1], с. 91...109

Классификация, принципы построения и состав оборудования сетей персонального радиовызова общего пользования. Действующие системы персонального вызова. Основные протоколы передачи информации. Стандарт POCSAG. Стандарт ERMES. Комбинированные сети персонального вызова. Стандарт FLEX. Стандарт RDS. Особенности построения пейджеров и их технические характеристики.

### **2.2. Транкинговые системы связи (6 часов)**

[1], с. 110...165; [3], с. 338...344

Классификация и принципы построения систем транкинговой связи. Службы транкинговых систем. Архитектура транкинговых систем. Системы транкинговой связи с распределенным и централизованным управлением. Структура систем стандарта SmartTrunk. Системы транкинговой связи с выделенным каналом управления. Системы стандарта MPT-1327, их основные характеристики. Передача данных в системах MPT-1327. Архитектура базового оборудования. Цифровые транкинговые системы EDACS и APCO 25.

### **2.3. Транкинговые системы связи стандарта TETRA (10 часов)**

[1], с. 166...225; [2], с. 8...13

Состав системы TETRA. Принципы построения сети. Технические характеристики. Режимы функционирования. Набор услуг. Голосовые вызовы. Пакетная передача данных. Соответствие стандарта требованиям качества. Возможные конфигурации сети. Использование ретрансляторов сигналов для расширения зоны покрытия базовой станции. Радиоинтерфейс. Вид модуляции сигнала. Кодирование речи. Методы повышения помехоустойчивости связи. Идентификация и адресация. Безопасность в сетях TETRA.

## **2.4. Построение территориальных систем и сетей с сотовой структурой** (6 часов)

[1], с. 166...225; [2], с. 8...13

Принципы построения радиосетей с сотовой структурой. Управление работой сетей. Маршрутизация информации. Территориально-частотное разделение каналов. Модели повторного использования частот. Системы с зонами постоянного размера. Системы с равными группами каналов для всех зон. Распределение частотных каналов между станциями. Алгоритмы многостанционного доступа. Алгоритмы поиска объекта.

Общая характеристика стандартов сотовых систем подвижной радиосвязи. Особенности построения аналоговых и цифровых систем с микросотовой структурой.

## **2.5. Цифровая сотовая система подвижной связи стандарта GSM** (20 часов)

[1], с. 175...200; [6], с. 22...34

Основные характеристики стандарта GSM. Структурная схема и состав оборудования сетей связи. Сетевые и радиоинтерфейсы. Структура кадра и формирование сигналов. Частотный план. Организация физических и логических каналов. Модуляция радиосигнала. Кодирование и перемежение в каналах связи и управления. Обработка речи. Принципы управления сетями связи в стандарте GSM. Основные операции обслуживания абонентских станций. Защита информации в системах сотовой связи стандарта GSM. Высокоскоростная передача данных по коммутируемым каналам. Пакетная передача данных. Технология GPRS.

## **2.6. Цифровые сотовые системы подвижной радиосвязи с кодовым разделением каналов** (20 часов)

[1], с. 205...225; [2], с. 61...102, [3], с. 308...325

Принципы кодового разделения каналов. Общая характеристика стандарта IS-95. Прямой канал связи. Структурная схема передающего тракта базовой станции. Структурная схема приемника подвижной станции. Обратный канал связи. Структурная схема передающего тракта подвижной станции. Структурная схема приемника базовой станции.

Регистрация подвижных станций. Организация эстафетной передачи. Автоматическая регулировка мощности. Прохождение вызовов.

Применение технологии кодового разделения каналов в системах беспроводной связи.

## **2.7. Системы связи с микро - и пикосотовой структурой (10 часов)**

[1], с. 226...245

Стандарты систем беспроводных телефонов общего пользования CT-1, CT-2, CT-2+. Классификация DECT систем. Технические характеристики DECT. Сравнение DECT с другими технологиями беспроводной телефонии. Архитектура DECT систем. Непрерывное динамическое распределение каналов. Эстафетная передача в DECT. Методы борьбы с быстрыми замираниями сигналов.

Организация пикосотовой сети связи. Обеспечение безопасности связи в стандарте DECT. Прописка абонентских станций, аутентификация пользователя, абонентских и базовых станций.

Особенности сопряжения систем DECT с внешними сетями. Взаимодействие сетей DECT и GSM. Профили приложений DECT.

## **2.8. Спутниковые системы подвижной связи (6 часов)**

[1], с. 247...294; [3], с. 383...419

Классификация и особенности систем спутниковой подвижной радиосвязи (ССПРС). Области применения ССПРС. Принципы построения, состав и характеристики ССПРС. Службы спутниковой связи.

Существующие и перспективные ССПРС. Система спутниковой подвижной радиосвязи Inmarsat. Система ССПРС ICO. Система ССПРС Odyssey. Система ССПРС Ellipso. Низкоорбитальные ССПРС. Система Globalstar. Система Iridium. Отечественные системы.

## Раздел 3. Перспективы развития систем подвижной радиосвязи

### 3.1. Системы подвижной связи третьего поколения (8 часов)

[1], с. 12...16; [3], с. 420...438

Основные требования к системам подвижной связи третьего поколения.

Выделение частот. Выбор радиоинтерфейсов. Использование новых видов модуляции сигналов. Программа IMT-2000. Переход GSM – EDGE. Архитектура интегрированной сети UMTS и GSM. Сети UTRAN. Технологии UTRA-FDD и UTRA-TDD. Развитие систем подвижной связи с кодовым разделением каналов. Стандарт CDMA-2000. Технологии 1xEV-DO и 1xEV-DV.

### Заключение

В дисциплине рассмотрены вопросы теории и общие принципы построения систем и сетей связи с подвижными объектами различных стандартов, методы обеспечения их основных технических характеристик. Основное внимание уделено изучению и обоснованию методов формирования и приема сигналов, использующихся для передачи речи и данных, а также методов модуляции и кодирования сигналов, защиты информации.

## 2.2. Тематический план дисциплины

### для студентов очно-заочной формы обучения

№ п/п	Наименование раздела (отдельной темы)	Кол-во часов по дневной форме обучения	Виды занятий и контроля												
			Лекции		ПЗ (С)		ЛР		Самостоятельная работа	Тесты	Контрольные работы	ПЗ (С)	ЛР	Курсовые работы (проекты)	
			аудит.	ДОТ	аудит.	ДОТ	аудит.	ДОТ							
<b>ВСЕГО</b>		<b>130</b>	<b>20</b>	<b>38</b>	<b>10</b>	<b>10</b>			<b>52</b>		<b>1</b>				
	<b>Введение</b>	<b>1</b>							<b>1</b>						

1	<b>Основы построения систем радиосвязи с подвижными объектами</b>	39	6	8	4	4		17	т е с т				
1.1	Основные характеристики и классификация систем радиосвязи с подвижными объектами	5	2					3					
1.2	Характеристики радиоканалов систем и сетей подвижной связи	8		4		2		2					
1.3	Спектрально-эффективные методы цифровой модуляции	10	2		4			4			№ 1		
1.4	Эффективность систем подвижной радиосвязи	6	2			2		2					
1.5	Преобразование и кодирование речи и данных в системах подвижной связи	10		4				6					
2	<b>Основные характеристики систем подвижной радиосвязи</b>	82	12	28	6	6		30	т е с т				
2.1	Системы персонального радиовызова	4						4					
2.2	Транкинговые системы связи.	6	2	2				2					

2.3	Транкинговые системы связи стандарта TETRA	10	2	4		2			2				
2.4	Построение территориальных систем и сетей с сотовой структурой	6		4					2				
2.5	Цифровая сотовая система подвижной связи стандарта GSM	20	2	4	6				8			№ 2	
2.6	Цифровые сотовые системы подвижной радиосвязи с кодовым разделением каналов	20	4	4		4			8				
2.7	Системы связи с микро- и пикосотовой структурой	10	2	6					2				
2.8	Спутниковые системы подвижной связи	6		4					2				
3	<b>Перспективы развития систем подвижной радиосвязи</b>	8	2	2					4	т е с т			
3.1	Системы подвижной связи третьего поколения	7	2	2					3				
	Заключение	1							1				

## Тематический план дисциплины

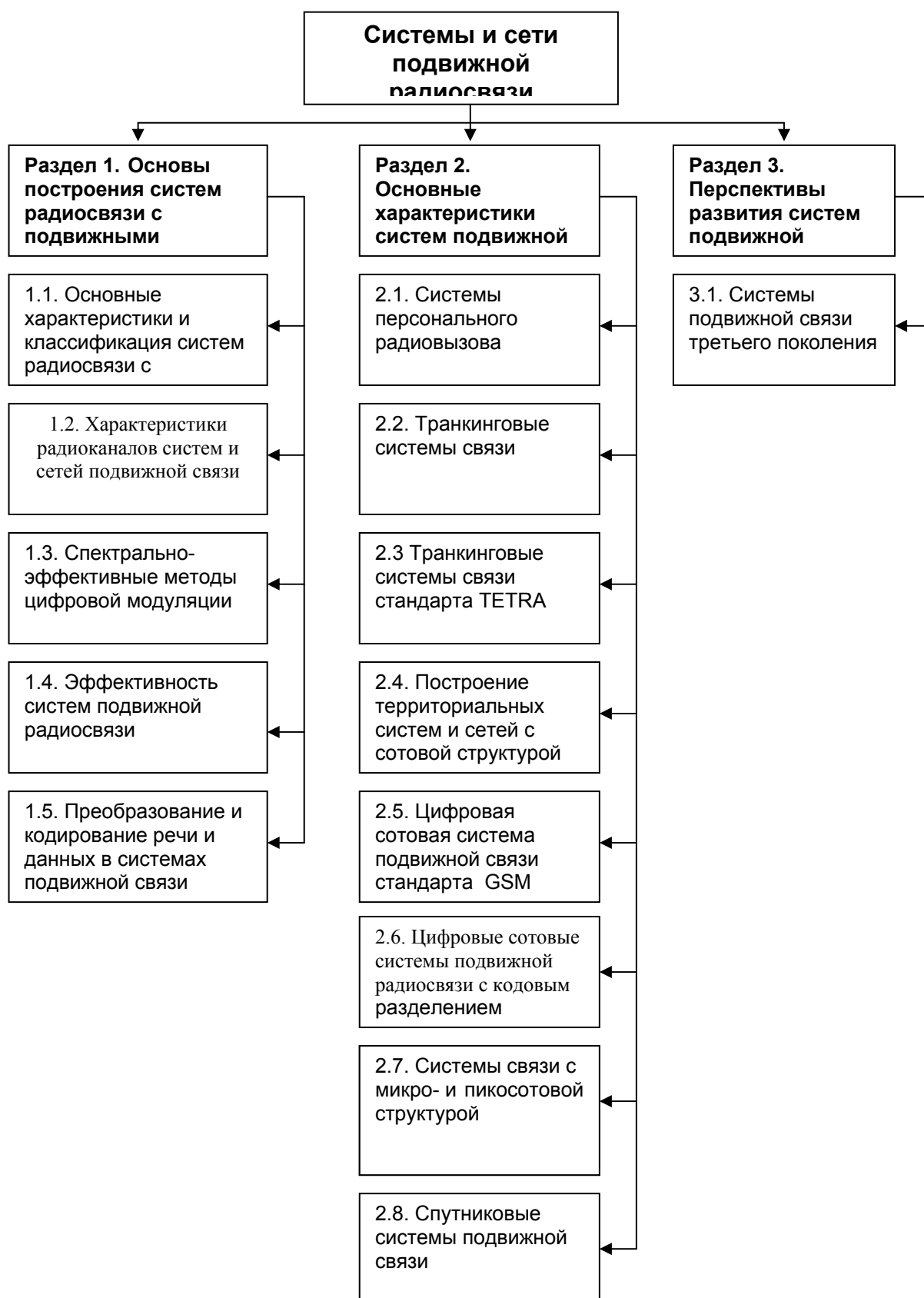
### для студентов заочной формы обучения

№ п/п	Наименование раздела (отдельной темы)	Кол-во часов по дневной форме обучения	Виды занятий и контроля													
			Лекции		ПЗ (С)		ЛР		Самостоятельная работа	Тесты	Контрольные работы	ПЗ (С)	ЛР	Курсовые работы (проекты)		
			аудит.	ДОТ	аудит.	ДОТ	аудит.	ДОТ								
<b>ВСЕГО</b>		<b>130</b>	<b>10</b>	<b>48</b>	<b>4</b>	<b>16</b>			<b>52</b>		<b>1</b>					
	<b>Введение</b>	<b>1</b>							<b>1</b>							
1	<b>Основы построения систем радиосвязи с подвижными объектами</b>	<b>39</b>	<b>4</b>	<b>14</b>		<b>6</b>			<b>15</b>	<b>т е с т</b>						
1.1	Основные характеристики и классификация систем радиосвязи с подвижными объектами	5	2						3							
1.2	Характеристики радиоканалов систем и сетей подвижной связи.	8		4		2			2							
1.3	Спектрально-эффективные методы цифровой модуляции	10	2	2		2			4							
1.4	Эффективность систем подвижной радиосвязи	6		4					2							
1.5	Преобразование и кодирование речи и данных в системах подвижной связи	10		4		2			4							
2	<b>Основные характеристики систем подвижной радиосвязи</b>	<b>82</b>	<b>4</b>	<b>34</b>	<b>4</b>	<b>10</b>			<b>30</b>	<b>т е с т</b>						

2.1	Системы персонального радиовызова	4						4				
2.2	Транкинговые системы связи	6		4				2				
2.3	Транкинговые системы связи стандарта TETRA	10		4		2		4				
2.4	Построение территориальных систем и сетей с сотовой структурой	6		4				2				
2.5	Цифровая сотовая система подвижной связи стандарта GSM	20	2	6	4	2		6			№ 1	
2.6	Цифровые сотовые системы подвижной радиосвязи с кодовым разделением каналов	20	2	6		4		8				
2.7	Системы связи с микро- и пикосотовой структурой	10		6		2		2				
2.8	Спутниковые системы подвижной связи	6		4				2				
3	<b>Перспективы развития систем подвижной радиосвязи</b>	8	2					6	т е с т			
3.1	Системы подвижной связи третьего поколения	7	2					5				
	Заключение	1						1				



## 2.3. Структурно-логическая схема дисциплины



## 2.4. Временной график изучения дисциплины

№	Название раздела (темы)	Продолжительность изучения раздела (темы) в днях (из расчета – 4 часа в день)
1	Раздел 1 Основы построения систем радиосвязи с подвижными объектами	10 дн.
2	Раздел 2 Основные характеристики систем подвижной радиосвязи	17 дн.
3	Раздел 3 Перспективы развития систем подвижной радиосвязи	2 дн.
4	Контрольная работа	3 дн.
Итого:		33 дн.

## 2.5. Практический блок

*Практические занятия (очно-заочная форма обучения)*

Номер и название раздела (темы)	Наименования практических занятий	ауд. кол-во часов	ДОТ. кол-во часов
Тема 1.3	Оптимальные методы демодуляции цифровых сигналов	4	-
Тема 2.5	Алгоритмы сверточного кодирования и декодирования сигналов в стандарте GSM	6	-
Тема 1.2	Характеристики радиоканалов систем и сетей подвижной связи	-	2
Тема 1.4	Эффективность систем подвижной радиосвязи	-	2

Тема 2.3	Транкинговые системы связи стандарта TETRA	-	2
Тема 2.6	Цифровые сотовые системы подвижной радиосвязи с кодовым разделением каналов	-	4

*Практические занятия (заочная форма обучения)*

Номер и название раздела (темы)	Наименования практических занятий	ауд. КОЛ-ВО ЧАСОВ	ДОТ КОЛ-ВО ЧАСОВ
Тема 2.5	Алгоритмы сверточного кодирования и декодирования сигналов в стандарте GSM	4	-
Тема 1.2	Характеристики радиоканалов систем и сетей подвижной связи	-	2
Тема 1.3	Спектрально-эффективные методы цифровой модуляции	-	2
Тема 1.5	Преобразование и кодирование речи и данных в системах подвижной связи	-	2
Тема 2.3	Транкинговые системы связи стандарта TETRA	-	2
Тема 2.5	Цифровая сотовая система подвижной связи стандарта GSM	-	2
Тема 2.6	Цифровые сотовые системы подвижной радиосвязи с кодовым разделением каналов	-	4
Тема 2.7	Системы связи с микро- и пикосотовой структурой	-	2

## 2.6. Рейтинговая система оценки знаний при использовании ДОТ

### Оценка практических занятий

Виды практических занятий	Кол-во заданий	Кол-во баллов за задание	Кол-во баллов за контрольную работу	Итого
Тестирование	13	4		52
Контрольная работа	1		48	48
Итого максимальное количество баллов				100

## 3. Информационные ресурсы дисциплины

### 3.1. Библиографический список

#### Основной:

1. Бабков, В.Ю. Сети мобильной связи. Частотно-территориальное планирование/ В. Ю. Бабков, М. А. Вознюк, П. А. Михайлов. - СПб.: СПбГУТ, 2000.
2. Системы связи с кодовым разделением каналов/ В.Ю. Бабков, М.А. Вознюк, А.Н. Никитин, М.А. Сиверс. – СПб.: ГУТ, 1999.
3. Макковеева, М.М. Системы связи с подвижными объектами: учеб. пособие для вузов/ М. М. Макковеева, Ю. С. Шинаков. - М.: Радио и связь, 2002.

#### Дополнительный:

4. Кузнецов, М.А. Современные технологии и стандарты подвижной связи/ М.А. Кузнецов, А.Е. Рыжков. – СПб.: ЛИНК, 2006.
5. Ипатов, В.П. Системы мобильной связи: учеб. пособие для вузов/ В.П. Ипатов, В.К. Орлов. – М.: Горячая линия, 2003.
6. Волков, А.Н. Физические основы мобильной связи. Ч.1. / А.Н. Волков, Е.А. Попов, М.А. Сиверс. – СПб.: ЛИНК, 2004.
7. Карташевский, В. Г. Сети подвижной связи/ В. Г. Карташевский, С. Н. Семенов, Т. В. Фирстова. – М.: Эко-Трендз, 2001.

8. Дингес, С. И. Мобильная связь: технология DECT/ С. И. Дингес. – М.: СО ЛОН-Пресс, 2003.
9. Прокис, Дж. Цифровая связь/ Дж. Прокис. – М.: Радио и связь, 2002.
10. Передача информации в системах подвижной связи/ В.Ю. Бабков и [др.] – СПб.: ГУТ, 1999.
11. Верещагин, А.В. Цифровая сотовая система радиосвязи стандарта GSM/ А.В. Верещагин. – СПб.: Балт. гос. техн. ун-т, 1999.
12. Громаков, Ю.А. Стандарты и системы подвижной радиосвязи/ Ю.А. Громаков – М.: Эко-Трендз, 1997.
13. Ратынский, М.В. Основы сотовой связи / М.В. Ратынский. – М.: Радио и связь, 1998.
14. Связь с подвижными объектами в диапазоне СВЧ. / под ред. У.К. Джейкса. – М.: Связь, 1979.
15. Феер, К. Беспроводная цифровая связь. Методы модуляции и расширения спектра / К. Феер.– М.: Радио и связь, 2000.
16. Варакин, Л.Е. Системы связи с шумоподобными сигналами / Л.Е. Варакин. – М.: Радио и связь, 1985.

#### **Средства обеспечения освоения дисциплины (ресурсы Internet)**

17. <http://www.gsm.ru>
18. <http://www.cdma.ru>
19. <http://www.ct-forum.ru>
20. <http://www.karat-telecom.ru>
21. <http://www.motorola.com>

## **4. Блок контроля освоения дисциплины**

### **4.1. Задание на контрольную работу и методические указания к ее выполнению**

#### **Задание на контрольную работу**

При выполнении контрольной работы студент должен решить одну задачу. Вариант задания определяется по двум последним цифрам шифра студента.

Контрольная работа должна быть оформлена в виде пояснительной записки, содержащей методику и результаты расчета, структурную схему устройства сверточного кодирования и необходимые таблицы и графики.

### **Задача**

В системе сотовой связи стандарта GSM используется свёрточный код (2.5.1). При этом закон кодирования определяется образующими полиномами вида

$$q_1=1+z^3+z^4$$

$$q_2=1+z+z^3+z^4.$$

На вход кодера подаётся информационная последовательность, состоящая из 8 битов. При расчёте необходимо:

- построить структурную схему кодера, который описывается заданными полиномами;
- получить диаграмму переходов состояний кодера;
- закодировать информационную последовательность, полученную путём представления десятичного числа, образованного двумя последними цифрами зачётной книжки, в двоично-десятичной системе счисления;
- для случая отсутствия ошибок при приёме полученной закодированной последовательности выполнить декодирование с помощью алгоритма Витерби, использующего жесткое решение;
- выполнить декодирование с помощью алгоритма Витерби для случая, когда при приёме третьего и десятого битов произошли ошибки;
- изобразить расчётные диаграммы данных свёрточного кода для обоих случаев декодирования.

### **Методические указания к выполнению контрольной работы**

При свёрточном кодировании группу из  $K$  информационных битов заменяют на  $n$  выходных двоичных символов, при кодировании которых используют  $K-1$  предшествующих информационных битов.

Свёрточный код характеризуется тремя параметрами ( $n$ ,  $k$ ,  $K$ ). Здесь  $k$  – число информационных битов, которые в результате

кодирования заменяются на группу из  $n$  битов.  $K$  – длина кодового ограничения. Величина  $K-1$  указывает на число предшествующих информационных битов, которые используются при декодировании данного бита. Для кодера, используемого в данной работе,  $n=2$ ,  $k=1$  и  $K=5$ . Это означает, что каждому информационному биту на выходе кодера соответствуют два бита и скорость кодера определяется соотношением

$$K=k/n=1/2.$$

Закон кодирования определяется приведёнными образующими полиномами. Знаком  $+$  обозначена операция сложения по модулю 2, а оператор  $z^i$  обозначает задержку на  $i$  длительностей бита.

Рассмотрим пример кодирования информационной последовательности, состоящей из 8 битов и соответствующей в двоично-десятичной системе числу 27. Эта последовательность имеет вид 0010 0111.

Предположим, что считывание битов, поступающих на вход кодера, осуществляется справа налево, то есть первый входной бит, который обозначен как  $c_0$ , равен 1.

Предположим, что первоначально кодер находился в нулевом состоянии, то есть необходимые для кодирования предшествующие биты  $c_{i-1}$ ,  $c_{i-2}$ ,  $c_{i-3}$ ,  $c_{i-4}$  равны 0. Тогда каждому биту  $c_i$  входной информационной последовательности, используя заданные образующие полиномы, можно сопоставить два выходных бита  $q_1$  и  $q_2$  (при этом первым считывается бит  $q_1$ ). Результат кодирования представлен в таблице.

$c_i$	$c_{i-1}$	$c_{i-2}$	$c_{i-3}$	$c_{i-4}$	$q_1$	$q_2$
1	0	0	0	0	1	1
1	1	0	0	0	1	0
1	1	1	0	0	1	0
0	1	1	1	0	1	0
0	0	1	1	1	0	0
1	0	0	1	1	1	1
0	1	0	0	1	1	0
0	0	1	0	0	0	0

Алгоритм декодирования принятой кодовой последовательности основан на оценке её состояния в дискретные моменты времени, определённые тактовым интервалом. Различают декодирование жестких решений, когда отсчёты сигнала на выходе согласованного фильтра в приёмнике не квантованы, и декодирование мягких решений, когда такое квантование используется. В данной контрольной работе используется декодирование жестких решений.

Предполагается, что жесткие решения демодулятора каждого принятого слова поступают на декодер, который сравнивает принятое кодовое слово с  $2^{K-1}$  возможными к передаче кодовыми словами и принимает решение в пользу того варианта кодового слова, для которого расстояние Хэмминга (соответствует числу отличающихся символов) минимально.

Предполагается, что процесс декодирования осуществляется с использованием алгоритма декодирования Витерби, который в настоящее время считается наиболее эффективным. Этот алгоритм, построенный на основе метода максимального правдоподобия, позволяет найти оптимальный путь при переходе от одного состояния кодовой последовательности к другой.

Для данного примера диаграмма переходов состояний кодовой последовательности приведена на рис. 4.1. До поступления на вход кодера одного бита ( $k=1$ ) он может находиться в  $2^{K-1}$  состояниях (в данном примере  $2^{5-1}=16$ ), которые определяют два выходных символа  $q_1q_2$ . Они указаны на лучах графа рис. 4.1. Так, если в начальный момент времени кодер находился в состоянии 0000, то при поступлении на его вход последующего бита он может перейти в состояние 0000 и сформировать на выходе 00, если это бит 0, или перейти в состояние 1000 и сформировать на выходе последовательность 11, если это бит 1.

Процесс декодирования битовой последовательности по алгоритму Витерби для данного примера показан на рис. 4.2. Так, если в начальный момент времени (тактовый интервал  $Z=0$ ) декодер находился в состоянии 0000, то в соответствии с рис. 4.2 возможны два перехода: первый переход  $0000 \rightarrow 0000$ , второй переход  $0000 \rightarrow 1000$ . Первому адресу соответствует кодовая комбинация  $q_1q_2=00$ , второму  $q_1q_2=11$ . Далее декодер сравнивает данные варианты с принятой комбинацией 11. Первый вариант содержит две



ошибки при приёме, и расстояние Хэмминга равно 2, для второго варианта ошибки нет, и расстояние Хэмминга равно 0. Эти значения указаны у вершин соответствующих дуг на диаграмме рис. 4.2. Переходу в состояние с минимальной ошибкой (здесь 0) соответствует единичное состояние входного бита. Этот бит и вырабатывает декодер.

В момент  $z=1$  из состояния 1000 в случае кодирования 0 осуществляется переход в состояние 0100, а в случае кодирования 1 переход осуществляется в состояние 1100. Из состояния 0000 также возможны два перехода: при поступлении 0 переход осуществляется в состояние 0000, а при поступлении 1 – в состояние 1000.

Минимальному расстоянию между принятой и подбираемой комбинациями соответствует переход в состояние 1100. При этом декодер вырабатывает бит 1. Суммарную матрицу по каждому пути определяют как сумму метрик на каждом такте.

Для  $z=2$  оптимальным будет переход из состояния 1100 в состояние 1110, при этом декодер вырабатывает бит 1. Варианты переходов, имеющих суммарную матрицу, превышающую определенное пороговое значение, можно не учитывать и на диаграмме не показывать. На рис. 4.3 пороговое значение равно 3. Оптимальный путь декодирования имеет суммарную ошибку, равную нулю, и последовательность битов на выходе декодера соответствует кодируемой информационной последовательности.

Если при передаче битовой последовательности возникают ошибки, то декодер определяет оптимальный путь по минимальному расстоянию Хэмминга и способен скорректировать искажения. На диаграмме рис. 4.3 показано декодирование на основе алгоритма Витерби в случае возникновения ошибок при передаче 3 и 10 битов.

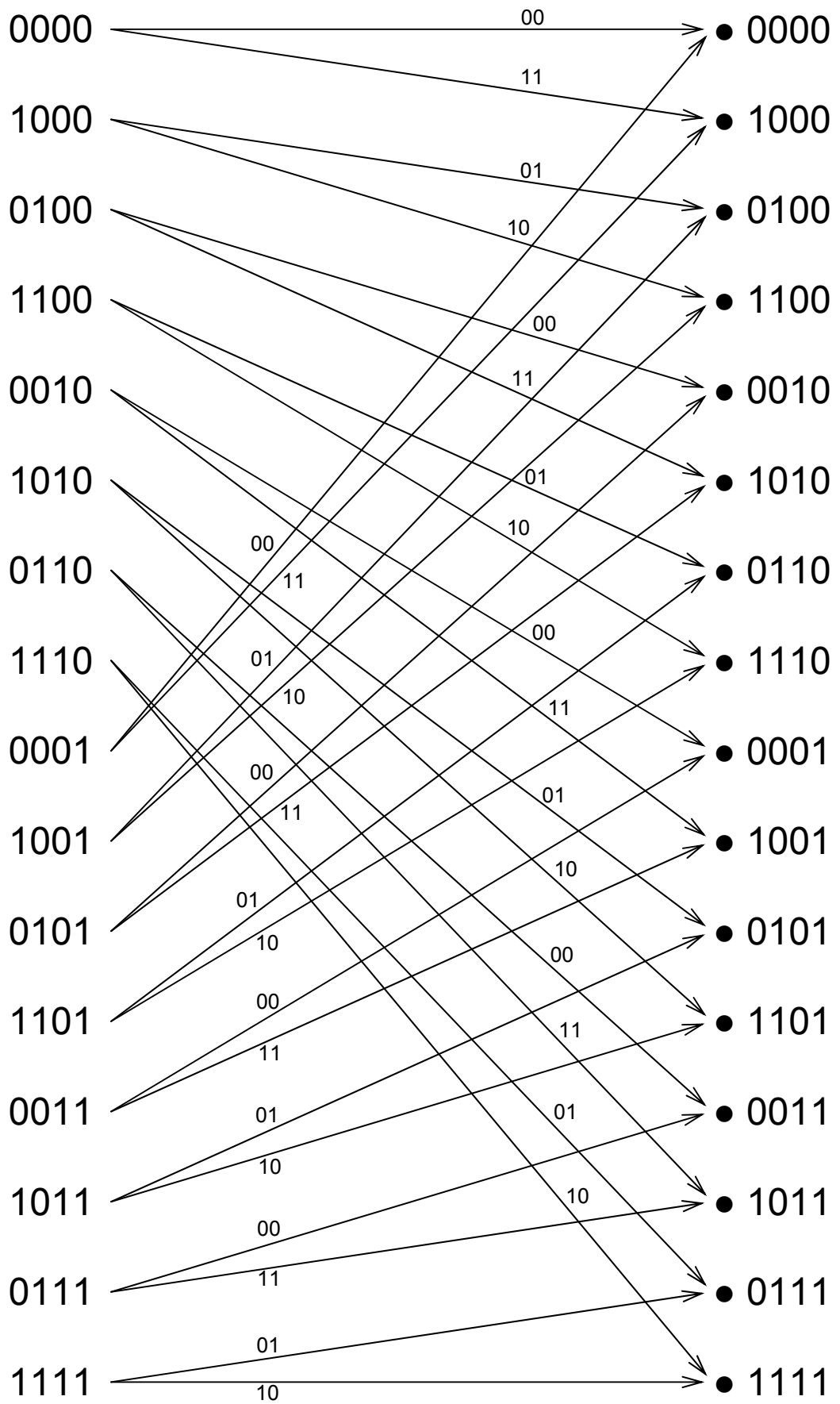
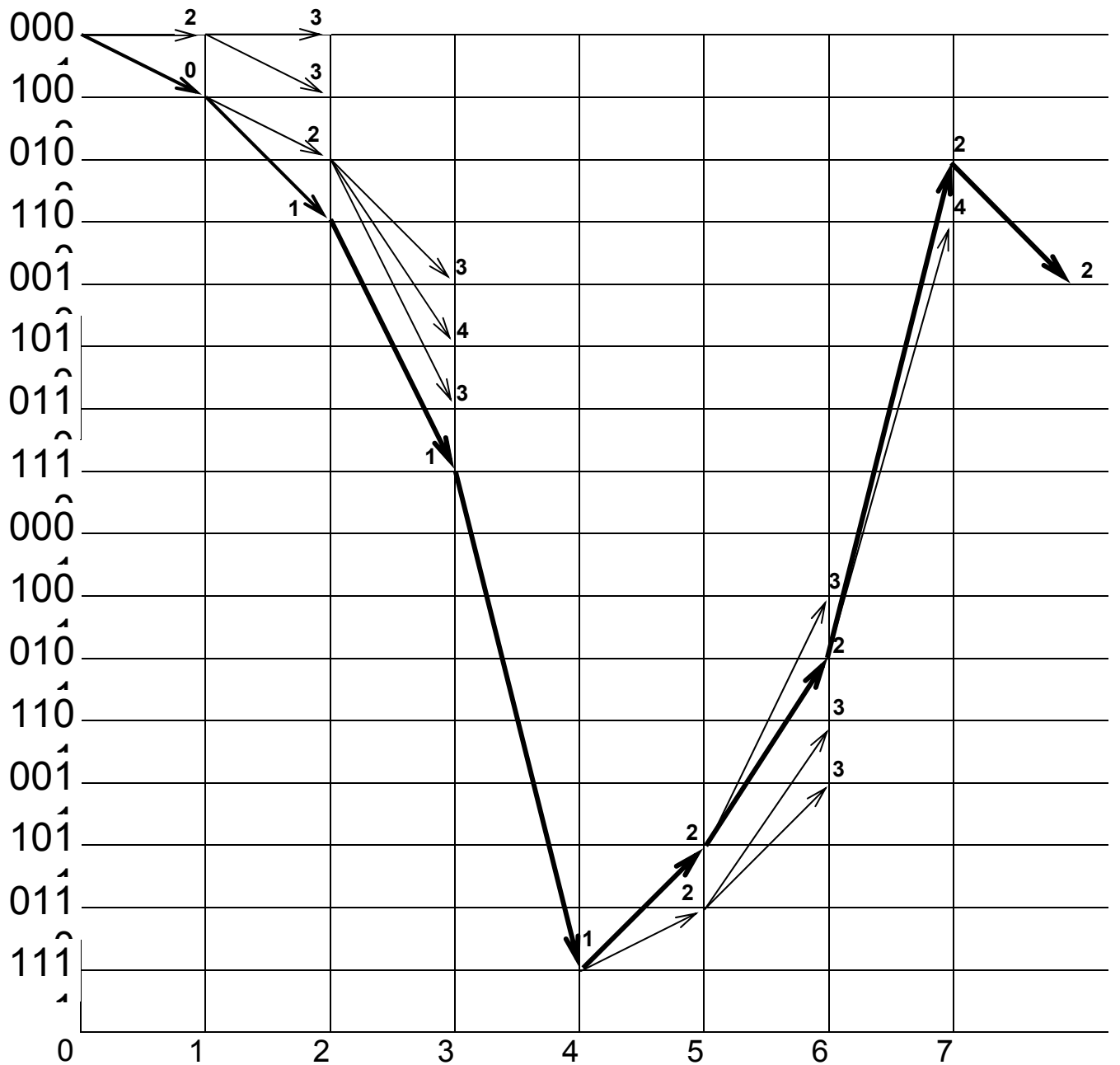


Рис. 4.1





ПС	11	00	10	10	01	11	10	00
БВД	1	1	1	0	0	0	1	0

ПС – принятые символы  
 БВД – биты на выходе декодера

Рис. 4.3

## 4.2. Вопросы для самоконтроля

### По разделу 1

#### Основы построения систем радиосвязи с подвижными объектами

##### Тема 1.1. Основные характеристики и классификация систем радиосвязи с подвижными объектами

1. Как классифицируются системы подвижной радиосвязи?
2. Какого вида информация может передаваться с помощью систем и сетей подвижной радиосвязи?
3. Какие диапазоны частот выделены для систем радиосвязи с подвижными объектами?
4. Какие виды модуляции наиболее часто используются в системах радиосвязи с подвижными объектами?
5. Какие системы с многостанционным доступом называются асинхронными? Какие достоинства и какие недостатки имеют такие системы?
6. Дайте характеристику синхронным системам радиосвязи. Какие существуют методы извлечения синхронизирующей информации?
7. Какие системы подвижной радиосвязи называются соответственно радиальными, радиально-зоновыми, территориальными?
8. Для какой цели предназначены диспетчерские радиотелефонные системы и радиосистемы передачи данных?
9. Дайте характеристику основным тенденциям развития сухопутных систем связи с подвижными объектами. Какие стандарты систем подвижной связи наиболее перспективны? Какие виды услуг эти стандарты позволяют обеспечить?

##### Тема 1.2. Характеристики радиоканалов систем и сетей подвижной связи

1. Укажите источники электромагнитных помех, которые оказывают влияние на работу систем подвижной радиосвязи.
2. Приведите спектральные характеристики импульсных помех в диапазонах частот, используемых в системах подвижной связи.
3. Дайте оценку затуханию радиоволн в диапазонах, используемых в системах подвижной связи.
4. Как рассчитать значения мощности радиопомехи на входе приемника в случае распространения радиоволн в свободном пространстве?
5. Используя приведенные в [3] модели распространения, проанализируйте, как влияет тип поверхности земли (открытая местность, пригородная зона, городские районы) на величину затухания сигнала.
6. Что такое локальная зона? Какая зона называется глобальной?

7. Опишите явления, которые имеют место при многолучевом распространении сигнала в городских условиях. Какое влияние эти явления оказывают на работу систем подвижной радиосвязи?
8. Какое влияние оказывает многолучевость в случае применения дискретных широкополосных сигналов?
9. Какие изменения происходят в принимаемом сигнале при движении абонентской станции?
10. Какие факторы оказывают наиболее существенное влияние на работу радиосистем в диапазонах частот выше 10 ГГц?

### **Тема 1.3. Спектрально-эффективные методы цифровой модуляции**

1. Изобразите временные диаграммы модулирующего сигнала при использовании двухпозиционной фазовой манипуляции.
2. Изобразите функциональную схему устройства формирования сигналов с ФМ-2.
3. Изобразите сигнальное созвездие ФМ-4 радиосигналов.
4. Изобразите функциональную схему устройства формирования сигналов с ФМ-4.
5. Какие преимущества обеспечивает гауссовская частотная манипуляция с минимальным сдвигом (ГММС)?
6. Изобразите функциональную схему устройства формирования ГММС сигналов.
7. Для какой цели используются многопозиционные методы модуляции сигналов?
8. Для какой цели используются методы расширения спектра сигналов?
9. Какие методы используются для расширения спектра сигналов в системах подвижной радиосвязи?

### **Тема 1.4. Эффективность систем подвижной радиосвязи**

1. Как может быть определена полная эффективность используемого спектра радиосигнала?
2. Сформулируйте критерий для оценки качества систем подвижной радиосвязи общего пользования.
3. Приведите выражение для вероятности отказа в обслуживании абонента для системы подвижной радиосвязи с частотным разделением каналов.
4. Как рассчитать величину отношения сигнал/шум на границе зоны обслуживания для системы с частотным разделением каналов?
5. Приведите выражение для вероятности отказа в обслуживании абонента для системы подвижной радиосвязи с кодовым разделением каналов.

6. Дайте сравнительную оценку спектральной эффективности систем подвижной радиосвязи с частотным, временным и кодовым разделением каналов.
7. С какой целью применяют деление соты на секторы с помощью направленных антенн?
8. Зачем в сотовых системах подвижной радиосвязи используют автоматическую регулировку мощности (АРМ)? При каком способе разделения каналов (частотном, временном или кодовом) предъявляются более высокие требования к системам АРМ?
9. Зачем в сотовых системах радиосвязи применяют динамическое распределение каналов и в чем оно заключается?
10. Чем вызвана необходимость разработки цифровых стандартов сотовых систем подвижной радиосвязи?
11. Какие существуют способы увеличения базы сигналов? Дайте их сравнительную оценку.
12. Какими факторами определяется выбор кода для адресной последовательности в системах подвижной радиосвязи с кодовым разделением каналов?

### **Тема 1.5. Преобразование и кодирование речи и данных в системах подвижной связи**

1. Дайте характеристику процесса дискретизации и равномерного квантования сигнала.
2. Изобразите спектры сигнала до и после аналого-цифрового преобразования.
3. В чем заключается стробоскопический эффект при аналого-цифровом преобразовании сигнала?
4. Что такое векторное квантование сигнала? С какой целью используется этот метод?
5. Какими критериями руководствуются при выборе методов кодирования речи в ССПР? Назовите основные требования, предъявляемые к речевым кодерам и декодерам.
6. В чем состоит метод адаптивной дифференциальной импульсно-кодовой модуляции?
7. На чем основано кодирование речи с линейным предсказанием?
8. Дайте обоснование методу линейного предсказания с импульсным возбуждением, используемому при кодировании речевого сигнала.
9. Каким образом в системах с кодовым разделением каналов результаты анализа речевой активности абонента используют для повышения пропускной способности?
10. Какие виды помехоустойчивого кодирования используются в системах подвижной связи?
11. Что такое перемежение сигналов? Для какой цели оно используется?

12. Какими параметрами характеризуется свёрточный код? Дайте обоснование этому методу кодирования.
13. Что такое система прерывистой передачи речи? Для какой цели она используется?

## **По разделу 2**

### **Основные характеристики систем подвижной радиосвязи**

#### **Тема 2.1. Системы персонального радиовызова**

1. Каков состав оборудования современной системы персонального вызова?
2. Приведите классификацию систем персонального радиовызова.
3. Изобразите структуру кода POCSAG и укажите назначение его элементов.
4. Какими преимуществами обладают спутниковые системы персонального вызова?
5. Как определить максимальное количество абонентов в системе POCSAG?
6. Изобразите структуру кода ERMES.
7. Изобразите структурную схему системы персонального вызова, использующую код POCSAG.
8. Изобразите структурную схему системы персонального вызова, использующую код ERMES.
9. Изобразите структурную схему комбинированной системы персонального вызова, использующую коды ERMES и POCSAG.

#### **Тема 2.2. Транкинговые системы связи**

1. Какие виды вызовов и услуг обеспечивают транкинговые системы подвижной связи?
2. Какова дальность действия транкинговых систем радиосвязи? От каких факторов зависит этот параметр?
3. Какие преимущества и недостатки имеются в системах транкинговой связи, использующих поиск свободного канала?
4. Какие преимущества имеют системы транкинговой связи, использующие канал управления?
5. Каковы основные параметры и свойства систем MPT-1327?
6. Поясните, каким образом осуществляется передача данных по радиоканалам передачи речи?
7. Укажите особенности транкинговых систем связи с распределенным управлением.



8. Приведите основные характеристики стандарта цифровой транкинговой связи APCO 25. Какой вид разделения каналов используется в этой системе и какие преимущества такое решение обеспечивает?

### **Тема 2.3. Транкинговые системы связи стандарта TETRA**

1. Назовите основные технические характеристики стандарта TETRA.
2. От каких факторов зависят размеры зоны покрытия базовой станции?
3. Почему в цифровых системах радиосвязи качество речи практически не зависит от удаления абонентской и базовой станций?
4. Как организована дуплексная связь в стандарте TETRA?
5. Какой вид модуляции используется в стандарте TETRA? Какие преимущества эта модуляция обеспечивает?
6. Какие меры в стандарте TETRA применяют для повышения помехоустойчивости связи?
7. Используется ли в стандарте TETRA управление мощностью излучаемого сигнала?
8. Какие базовые и дополнительные услуги предоставляются в стандарте TETRA?
9. Поддерживается ли в стандарте TETRA роуминг в сети?
10. Каким образом осуществляется аутентификация абонентов в сети с использованием сеансовых ключей?
11. С какой целью в стандарте TETRA используются временные идентификационные номера абонентов?
12. Изобразите структуру сети с использованием ретрансляторов сигналов для расширения зоны покрытия базовой станции.
13. Какие преимущества имеет стандарт TETRA по сравнению с другими стандартами транкинговой связи?
14. Дайте сравнительную оценку функциональным возможностям TETRA и GSM. Имеют ли преимущества сети TETRA по сравнению с сетями сотовой связи?

## **Тема 2.4. Построение территориальных систем и сетей с сотовой структурой**

1. Какие преимущества в организации систем подвижной радиосвязи обеспечивает сотовая технология?
2. Поясните существующие модели повторного использования частот. Дайте их сравнительную оценку.
3. Каковы задачи центра коммутации подвижных станций? Каковы задачи центра управления и обслуживания?
4. Какую группу сот называют кластером? Что такое размерность кластера? Почему в аналоговых системах радиосвязи используют кластеры больших размеров, чем в цифровых системах?
5. Каким образом решается задача распределения канального ресурса базовой станции?
6. Как рассчитать нагрузку на канал связи в эрлангах?
7. Дайте сравнительный анализ алгоритмов многостанционного доступа при различных типах каналов управления.
8. Укажите особенности волновых алгоритмов поиска объекта в сети радиосвязи.
9. Какими преимуществами обладают системы подвижной связи с микросотовой структурой?
10. Почему в системах подвижной связи с микросотовой структурой отсутствует частотное планирование?

## **Тема 2.5. Цифровая сотовая система подвижной связи стандарта GSM**

1. Что включает в себя понятие “цифровая система подвижной радиосвязи”?
2. Приведите основные технические характеристики стандарта GSM.
3. Изобразите структурную схему сети GSM и поясните назначение ее основных компонентов.
4. Какие виды услуг предоставляются в стандарте GSM?
5. Какие существуют классы мощности передатчиков абонентских станций в стандарте GSM-900 и какими значениями мощности они характеризуются?
6. Какие функции выполняет центр коммутации подвижной связи?
7. Какова роль регистров положения и перемещения в сети связи?
8. Какие операции выполняются в сетях GSM при обслуживании абонентских станций?
9. Какие приняты меры для исключения несанкционированного использования ресурса системы? Каким образом реализована процедура проверки сетью подлинности абонента?

10. Изобразите структуры кадров, используемых в стандарте.
11. Укажите виды временных интервалов (окон), их назначение и состав.
12. Какие методы обработки речевых сигналов применяются в стандарте GSM?
13. Поясните принцип работы речевого кодера.
14. Какой вид модуляции сигнала используется в данном стандарте и какие преимущества при этом обеспечиваются?
15. Зачем используются скачки по частоте в процессе сеанса связи?
16. Каковы особенности кодирования и перемежения в полноскоростном речевом канале?
17. Изобразите структурную схему детектора активности речи. Каков принцип его работы?
18. Зачем используется формирователь комфортного шума?
19. Каким образом реализуется высокоскоростная передача данных по коммутируемым каналам при использовании технологии HSCSD?
20. Изобразите архитектуру сети GSM с поддержкой GPRS и дайте характеристику ее компонентов.

## **Тема 2.6. Цифровые сотовые системы подвижной радиосвязи с кодовым разделением каналов**

1. Какие преимущества обеспечивает применение в системах связи кодового разделения каналов?
2. Какие существуют методы расширения спектра частот передаваемых сигналов?
3. Приведите основные характеристики стандарта IS-95.
4. Приведите структуру прямого канала связи в стандарте IS-95.
5. Изобразите упрощенную структурную схему передающего тракта базовой станции и поясните метод формирования сигнала.
6. Зачем в структуре прямого канала связи предусмотрен пилотный сигнал?
7. Изобразите упрощенную структурную схему приемного тракта абонентской станции.
8. Укажите основные особенности формирования сигнала в обратном канале.
9. Укажите основные особенности приема сигналов на базовой станции. Поясните необходимость пространственного разнесения, некогерентной обработки сигналов.
10. Зачем используется регистрация подвижных станций? Какую форму регистрации предусматривает стандарт?
11. Какие алгоритмы эстафетной передачи предусматривает стандарт IS-95? В чем состоит отличие алгоритмов “мягкой” и “жесткой” эстафетных передач?

12. Зачем в системах сотовой связи производят регулирование излучаемой мощности и как этот процесс реализуется?

### **Тема 2.7. Системы связи с микро - и пикосотовой структурой**

1. Какие преимущества обеспечивает стандарт беспроводных телефонов СТ-2 по сравнению со стандартом СТ-1?
2. Какими дополнительными возможностями, по сравнению со стандартом СТ-2, обладает стандарт СТ-2+?
3. Назовите основные технические характеристики стандарта DECT и дайте их краткий анализ.
4. Изобразите структурную схему системы связи, работающей в стандарте DECT, и укажите назначения ее основных компонентов.
5. Дайте характеристику частотного плана стандарта DECT.
6. Какой вид модуляции сигнала используется в стандарте DECT?
7. Каким образом организуется “мягкий” режим “эстафетной передачи в стандарте DECT?
8. Каким образом осуществляется сжатие голосовой информации в стандарте DECT?
9. Какие методы используются для обеспечения безопасности в стандарте DECT?
10. Каким образом осуществляется прописка абонентской станции в стандарте DECT?
11. Как осуществляется процедура аутентификации абонентской станции, базовой станции и пользователя в стандарте DECT?
12. Каким образом осуществляется шифрование данных в стандарте DECT?
13. Каково основное назначение профиля доступа GAP?
14. Каким образом взаимодействуют сети DECT и GSM?
15. Какие существуют отличия в использовании профилей IAP и IP при осуществлении взаимодействия DECT и ISDN?

### **Тема 2.8. Спутниковые системы подвижной связи**

1. Дайте классификацию ССПРС.
2. Укажите состав и назначения элементов ССПРС.
3. Назовите основные характеристики ССПРС.
4. Какие методы модуляции сигналов используются в ССПРС?
5. Дайте сравнительную оценку ССПРС с космическими аппаратами, находящимися на геостационарной, средневысоких, низких круговых и эллиптических орбитах.
6. Дайте характеристику ССПРС Inmarsat.
7. Какой метод разделения каналов использован в аппаратуре системы Globalstar? Какие при этом достигнуты преимущества?
8. Дайте характеристику отечественным ССПРС “Гонец”, “Курьер”, “Форпост”, “Курс”.

## По разделу 3

### Перспективы развития систем подвижной радиосвязи

#### Тема 3.1. Системы подвижной связи третьего поколения

1. Какие требования предъявляются к передаче потокового трафика в сотовых сетях связи и как эти требования реализуются в стандартах третьего поколения?
2. Каковы особенности развития радиointерфейсов систем подвижной связи третьего поколения?
3. Почему возникает необходимость адаптивного управления скоростью передачи данных в сетях подвижной связи?
4. Какова эволюция сетей GSM?
5. С помощью каких технологических решений удастся увеличить скорость передачи данных в стандарте GSM при использовании технологии EDGE?
6. В чем состоят основные особенности проекта UMTS?
7. Изобразите структуру интегрированной сети UMTS и GSM и дайте характеристику ее основных компонентов.
8. Какую роль в составе сети UMTS выполняют сети UTRAN?
9. Какие технологии используются для реализации внутренних и внешних интерфейсов в сетях UTRAN?
10. Поясните принцип формирования ортогональных кодов для разделения сигналов в сетях UTRA-FDD.
11. Каковы особенности стандарта CDMA-2000?
12. Какие решения используются в технологии 1xEV-DO для увеличения скорости передачи данных?
13. Используется ли оборудование для коммутации каналов в технологии 1xEV-DO?
14. Совместимы ли сети технологии 1xEV-DO с сетями технологий CDMA 1X и сетями IS-95?
15. За счет чего в технологии 1xEV-DV обеспечена возможность передачи голоса и данных?
16. Какие изменения в систему управления сетью внесены в технологиях 1xEV-DO и 1xEV-DV?
17. Для какой цели используются многопозиционные методы модуляции в технологии 1xEV-DV?

### 4.3. Тестовые задания

1. Один Эрл –это занятость телефонного канала в течение:
  - a. 1 минуты;
  - b. 1 часа;
  - c. 1 суток;
  - d. Времени наибольшей нагрузки.
  
2. Для передачи телефонного канала с полосой частот 4 КГц используется цифровой поток со скоростью передачи:
  - a. 8 Кбит/с;
  - b. 16 Кбит/с;
  - c. 32 Кбит/с;
  - d. 64 Кбит/с.
  
3. В цифровых системах сотовой связи блоковое перемежение используется для:
  - a. Шифрования передаваемого сообщения;
  - b. Преобразования пакетов ошибок в одиночные ошибки;
  - c. Исправления возникающих ошибок;
  - d. Расширения спектра сигнала.
  
4. В стандарте DECT используется дуплексная связь с разделением по:
  - a. Частоте;
  - b. Времени;
  - c. Частоте и времени;
  - d. Форме сигнала.
  
5. В стандарте DECT для борьбы с быстрыми замираниями используются:
  - a. Динамический выбор канала;
  - b. Прием с разнесением по частоте;
  - c. Прием с разнесением по времени;
  - d. Прием с разнесением по пространству;
  - e. Все перечисленные в а - d методы.

6. В стандарте DECT для подключения к сетям стандарта GSM используется профиль:
- a. GAP;
  - b. GIP;
  - c. CAP;
  - d. RAP.
7. В стандарте TETRA режим пакетной передачи обеспечивается:
- a. Только в режиме прямой передачи;
  - b. Только в режиме транкинговой связи;
  - c. Как в режиме транкинговой связи, так и в режиме прямой передачи;
  - d. Только при работе через ретрансляторы.
8. В стандарте TETRA используется модуляция:
- a. Дискретная FM;
  - b. QPSK;
  - c. GMSK;
  - d. QAM.
9. В стандарте GSM в одном частотном канале можно организовать независимые каналы с временным разделением, число которых:
- a. 4;
  - b. 8;
  - c. 12;
  - d. 16.
10. В стандарте GSM процедуру локализации абонентской станции начинает:
- a. Абонентская станция;
  - b. Базовая станция;
  - c. Контроллер базовых станций;
  - d. Центр коммутации подвижной связи.
11. В стандарте GSM вырабатывает решение о начале процесса шифрации сообщения:
- a. Абонентская станция;
  - b. Базовая станция;

- c. Контроллер базовых станций;
- d. Центр коммутации подвижной связи.

12. В стандарте GSM процедуру локализации абонентской станции начинает:

- a. Абонентская станция;
- b. Базовая станция;
- c. Контроллер базовых станций;
- d. Центр коммутации подвижной связи.

13. В стандарте GSM программная перестройка рабочей частоты радиообмена между базовой и абонентской станциями используется для:

- a. Борьбы с многолучевостью при распространении сигнала;
- b. Шифрации сообщения;
- c. Повышения пропускной способности системы;
- d. Повышения спектральной эффективности системы связи.

14. В сотовых системах связи с кодовым разделением каналов стандарта IS-95 “короткий” код на основе M - последовательности с периодом  $2^{15}$  используется для:

- a. Расширения спектра сигнала;
- b. Шифрации сообщения;
- c. Повышения пропускной способности системы.
- d. Формирования адресной последовательности пилотного канала

15. В сотовых системах связи с кодовым разделением каналов стандарта IS-95 “длинный” код на основе M - последовательности с периодом  $2^{42} - 1$  используется для:

- a. Расширения спектра сигнала;
- b. Передачи информации об индивидуальном номере абонента;
- c. Формирования адресной последовательности пилотного канала;
- d. Помехоустойчивого кодирования сигнала.



16. В прямом канале сотовых систем связи с кодовым разделением каналов стандарта IS-95 последовательности Уолша используются для:
- a. Расширения спектра сигнала и формирования адресов каналов;
  - b. Передачи информации об индивидуальном номере абонента;
  - c. Формирования адресной последовательности пилотного канала;
  - d. Помехоустойчивого кодирования сигнала.
17. В обратном канале сотовых систем связи с кодовым разделением каналов стандарта IS-95 последовательности Уолша используются для:
- a. Расширения спектра сигнала и формирования адресов каналов;
  - b. Передачи информации об индивидуальном номере абонента;
  - c. Формирования адресной последовательности пилотного канала;
  - d. Помехоустойчивого кодирования сигнала.
18. Базовая станция, использующая технологию 1xEV-DO:
- a. Передает сигнал на полной мощности;
  - b. Регулирует мощность в зависимости от скорости передачи данных;
  - c. Управляет мощностью по сигналам APM;
  - d. Регулирует мощность в зависимости от числа абонентов.

## 4.4. Экзаменационные вопросы

1. Основные характеристики и классификация систем радиосвязи с подвижными объектами.
2. Классификация помех, воздействующих на системы и сети подвижной радиосвязи.
3. Многолучевое распространение и затухание сигналов в каналах подвижной радиосвязи.
4. Спектрально-эффективные методы цифровой модуляции сигналов, используемые в системах подвижной радиосвязи.
5. Эффективность систем подвижной радиосвязи. Разделение Обслуживаемой территории на соты. Автоматическое регулирование мощностей передатчиков. Динамическое распределение каналов.
6. Способы увеличения пропускной способности систем подвижной радиосвязи.
7. Основные принципы работы систем подвижной связи со сложными сигналами.
8. Преобразование и кодирование речи и данных в системах подвижной радиосвязи.
9. Дискретизация и восстановление речевых сигналов. Требования к кодерам и декодерам речи.
10. Принципы сжатия речевых сигналов.
11. Принципы прерывистой передачи речи. Оценка качества передачи речевого сигнала.
12. Кодирование и перемежение сигналов в системах подвижной связи.
13. Передача данных в сетях подвижной связи.
14. Классификация, принципы построения и состав оборудования сетей персонального радиовызова общего пользования.
15. Классификация и принципы построения систем транкинговой связи. Архитектура транкинговых систем.
16. Принципы построения, состав и технические характеристики систем транкинговой связи стандарта MPT-1327.
17. Принципы построения, состав и технические характеристики систем транкинговой связи стандарта TETRA.
18. Транкинговые системы связи стандарта TETRA. Радиоинтерфейс. Вид модуляции сигнала. Кодирование речи. Методы повышения помехоустойчивости связи.
19. Построение территориальных систем и сетей с сотовой структурой.
20. Территориально-частотное разделение каналов.
21. Алгоритмы многостанционного доступа.
22. Принципы построения, состав и технические характеристики систем сотовой связи стандарта GSM.
23. Организация физических и логических каналов связи в стандарте GSM.

24. Основные операции обслуживания абонентских станций в стандарте GSM.
25. Гауссовская частотная модуляция с минимальным сдвигом.
26. Пакетная передача данных в стандарте GSM. Технология GPRS.
27. Защита информации в системах сотовой связи стандарта GSM.
28. Принципы кодового разделения каналов. Общая характеристика стандарта IS-95.
29. Прямой канал связи. Принципы построения передающего устройства базовой станции системы радиосвязи с кодовым разделением каналов.
30. Принципы построения приемного устройства абонентской станции системы радиосвязи с кодовым разделением каналов.
31. Обратный канал связи. Принципы построения передающего устройства абонентской станции системы радиосвязи с кодовым разделением каналов.
32. Принципы построения приемного устройства базовой станции системы радиосвязи с кодовым разделением каналов.
33. Технические характеристики систем связи стандарта DECT. Сравнение DECT с другими технологиями беспроводной телефонии.
34. Эстафетная передача в DECT. Непрерывное динамическое распределение каналов. Методы борьбы с быстрыми замираниями сигналов.
35. Организация пикосотовой сети связи. Обеспечение безопасности связи в системах стандарта DECT. Прописка абонентских станций, аутентификация пользователя, абонентских и базовых станций.
36. Классификация, принципы построения, состав оборудования и характеристики систем спутниковой подвижной радиосвязи.
37. Основные требования к системам подвижной связи третьего поколения.
38. Выделение частот, выбор радиоинтерфейсов для систем подвижной связи третьего поколения.
39. Использование новых видов модуляции сигналов в системах подвижной связи третьего поколения.
40. Программа IMT-2000.
41. Переход GSM – EDGE.
42. Архитектура интегрированной сети UMTS и GSM.
43. Технологии UTRA-FDD и UTRA-TDD.
44. Основные характеристики стандарта CDMA-2000.
45. Технологии 1xEV-DO и 1xEV-DV.

## Содержание

1. Информация о дисциплине.....	3
1.1. Предисловие	3
.....	3
1.2. Содержание дисциплины и виды учебной работы	4
2. Рабочие учебные материалы .....	5
2.1. Рабочая программа .....	5
2.2. Тематический план дисциплины .....	11
2.3. Структурно-логическая схема дисциплины .....	16
2.4. Временной график изучения дисциплины .....	17
2.5. Практический блок .....	17
2.6. Рейтинговая система оценки знаний при использовании ДОТ	19
3. Информационные ресурсы дисциплины .....	19
3.1. Библиографический список.....	19
4. Блок контроля освоения дисциплины .....	20
4.1. Задание на контрольную работу и методические указания к ее выполнению.....	20
4.2. Вопросы для самоконтроля .....	28
4.3. Тестовые задания .....	37
4.4. Экзаменационные вопросы .....	40

Редактор И.Н. Садчикова  
Сводный темплан 2009.  
Лицензия ЛР № 020308 от 14.02.97  
Санитарно-эпидемиологическое заключение  
№ 78.01.07.953.П.005641.11.03 от 21.11.2003 г.

Подписано в печать		Формат 60x84
	1/1	
Б кн.— журн. П.л.	Б.л.	Изд-во СЗТУ.
Тираж		Заказ

Северо-Западный государственный заочный технический университет  
Издательство СЗТУ, член Издательско – полиграфической  
ассоциации  
университетов России  
191186, Санкт-Петербург, ул. Миллионная, д. 5