

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Учебно-методическое объединение по образованию
в области информатики и радиоэлектроники

УТВЕРЖДАЮ

Первый заместитель Министра образования
Республики Беларусь

_____ В.А. Богуш

_____ Регистрационный № ТД-_____/тип.

СИСТЕМЫ И СЕТИ ЦИФРОВОЙ РАДИОСВЯЗИ

**Типовая учебная программа по учебной дисциплине
для специальности:**

1-39 01 01 «Радиотехника (по направлениям)»

СОГЛАСОВАНО

Начальник Управления электроники и
приборостроения, электротехнической,
оптико-механической и
станкоинструментальной
промышленности

Министерства промышленности
Республики Беларусь

_____ А.С. Турцевич

СОГЛАСОВАНО

Председатель Учебно-методического
объединения по образованию в
области информатики и
радиоэлектроники

_____ М.П. Батура

СОГЛАСОВАНО

Начальник Главного управления
профессионального образования
Министерства образования
Республики Беларусь

_____ С.А. Касперович

СОГЛАСОВАНО

Проректор по научно-методической
работе Государственного учреждения
образования «Республиканский
институт высшей школы»

_____ И.В. Титович

Эксперт-нормоконтролер

Минск 2018

СОСТАВИТЕЛИ:

В.М. Козел, доцент кафедры информационных радиотехнологий учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», кандидат технических наук, доцент.

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

Кафедра инфокоммуникационных технологий учреждения образования «Белорусская государственная академия связи» (протокол № 11 от 16.05.2017);

С.И.Коновалов, ведущий инженер-конструктор научно-производственного общества с ограниченной ответственностью «ОКБ ТСП», кандидат технических наук.

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ В КАЧЕСТВЕ ТИПОВОЙ:

Кафедрой информационных радиотехнологий учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники» (протокол № 13 от 17.04.2017г.);

Научно-методическим советом учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники» (протокол № ____ от _____.____.20____г.);

Научно-методическим советом по схемам радиоэлектронных устройств и систем Учебно-методического объединения по образованию в области информатики и радиоэлектроники (протокол № 6 от 17.04.2017г.).

Ответственный за выпуск: С.С.Шишпаронок

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

ХАРАКТЕРИСТИКА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Типовая учебная программа по учебной дисциплине «Системы и сети цифровой радиосвязи» разработана для студентов учреждений высшего образования, обучающихся по специальности 1-39 01 01 «Радиотехника (по направлениям)» в соответствии с требованиями образовательного стандарта высшего образования первой ступени и типового учебного плана вышеуказанной специальности.

Интенсивное проникновение информационных технологий во все сферы человеческой деятельности требует широкомасштабной разработки, внедрения и использования средств телекоммуникаций. В связи с этим, существует необходимость подготовки (с той или иной степенью глубины изучения) в области телекоммуникаций специалистов практически во всех отраслях деятельности человека.

ЦЕЛИ, ЗАДАЧИ, РОЛЬ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель учебной дисциплины: формирование систематизированных знаний и навыков в области проектирования, создания и эксплуатации современных систем и сетей цифровой радиосвязи.

Задачи учебной дисциплины:

- изучение теоретических основ и принципов построения сетей фиксированной цифровой радиосвязи;
- приобретение знаний и умений в области проектирования систем и сетей фиксированной, спутниковой, мобильной цифровой радиосвязи и широкополосного радиодоступа;
- овладение способами проектирования систем и сетей фиксированной, спутниковой, мобильной цифровой радиосвязи и широкополосного радиодоступа.

Базовыми учебными дисциплинами по курсу «Системы и сети цифровой радиосвязи» являются: «Математика», «Теория вероятностей и математическая статистика» (учебная дисциплина компонента учреждения высшего образования), «Физика», «Электродинамика и распространение радиоволн» (учебная дисциплина компонента учреждения высшего образования), «Основы теории кодирования» (учебная дисциплина компонента учреждения высшего образования), «Методы и устройства приема и обработки сигналов».

ТРЕБОВАНИЯ К УРОВНЮ ОСВОЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

В результате изучения учебной дисциплины «Системы и сети цифровой радиосвязи» формируются следующие компетенции:

академические:

- уметь применять базовые научно-теоретические знания для решения теоретических и практических задач;
- владеть системным и сравнительным анализом;
- владеть исследовательскими навыками;
- уметь работать самостоятельно;
- владеть междисциплинарным подходом при решении проблем;
- иметь навыки, связанные с использованием технических устройств, управлением информацией и работой с компьютером;
- владеть основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации с использованием компьютерной техники;
- владеть основными методами защиты производственного персонала и населения от возможных последствий аварий, катастроф, стихийных бедствий;

социально-личностные:

- обладать качествами гражданственности;
- быть способным к социальному взаимодействию;
- уметь работать в команде;

профессиональные:

- разрабатывать и внедрять технологические процессы настройки, испытаний и контроля качества изделий;
- обеспечивать сопровождение разрабатываемых устройств и систем на этапах проектирования и выпуска их опытных образцов;
- формулировать цели и ставить задачи проектирования;
- проводить проектные расчеты и технико-экономическое обоснование принимаемых решений;
- разрабатывать модели объектов и процессов с целью анализа и оптимизации их параметров с использованием имеющихся средств исследований, включая стандартные пакеты прикладных программ;
- разрабатывать структурные, функциональные схемы радиоэлектронных систем и сетей передачи данных, принципиальные схемы устройств с использованием средств компьютерного проектирования;
- проводить испытание аппаратных и программных средств радиоэлектронных устройств и систем, сетей передачи данных;
- разрабатывать проектную и рабочую техническую документацию, оформление законченных проектно-конструкторских работ;
- контролировать соответствие разрабатываемых проектов и технической документации техническим регламентам, национальным стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам;
- осуществлять качественную эксплуатацию, ремонт и настройку радиоэлектронных устройств различного назначения;

- выполнять профилактическую работу с радиоэлектронным оборудованием различного назначения с целью обеспечения его надежного функционирования;
- владеть методами диагностики и тестового контроля радиоэлектронных устройств и систем, сетей передачи данных, методами анализа их характеристик;
- осуществлять наладку, настройку, регулировку и испытания оборудования и тестирование, настройку и обслуживание аппаратно-программных средств;
- оценивать конкурентоспособность и экономическую эффективность разрабатываемых технологий;
- анализировать состояние научно-технической проблемы на основе подбора и изучения литературных и патентных источников;
- составлять обзоры и отчеты по результатам проводимых исследований;
- учитывать результаты научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в процессе разработки технических заданий на проектируемые радиоэлектронные и информационные системы;
- применять знания требований отечественных и зарубежных стандартов и технических условий, технических характеристик и экономических показателей образцов современных радиоэлектронных систем, сетей передачи данных;
- анализировать и оценивать собранные данные;
- вести переговоры с другими заинтересованными участниками;
- готовить доклады, материалы к презентациям;
- владеть современными средствами инфокоммуникаций;
- организовывать мероприятия по охране труда и требованиям безопасности в процессе ввода в эксплуатацию, технического обслуживания и ремонта радиотехнического оборудования.

В результате изучения учебной дисциплины студент должен:

знать:

- особенности и принципы построения сетей фиксированной цифровой радиосвязи;
- особенности и принципы построения сетей мобильной и фиксированной спутниковой радиосвязи;
- особенности и принципы построения сетей сухопутной подвижной цифровой радиосвязи;
- особенности и принципы построения сетей широкополосного радиодоступа;

уметь:

- проектировать системы и сети фиксированной, спутниковой, мобильной цифровой радиосвязи и широкополосного радиодоступа;
- осуществлять инженерную поддержку систем и сетей цифровой радиосвязи;

владеть:

- навыками проектирования систем и сетей фиксированной, спутниковой, мобильной цифровой радиосвязи и широкополосного радиодоступа;
- методами осуществления инженерной поддержки систем и сетей цифровой радиосвязи.

Программа рассчитана на 180 учебных часов, из них – 94 аудиторных. Примерное распределение аудиторных часов по видам занятий: лекций – 46 часов, лабораторных работ – 32 часа, практических занятий – 16 часов.

Программа разработана без учета часов, отводимых на проведение текущей аттестации, определенной типовым учебным планом.

ПРИМЕРНЫЙ ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН

Наименование раздела, темы	Всего аудит., часы	Лекции, часы	Практические занятия, часы	Лабораторные занятия, часы
1	2	3	4	5
Введение	1	1		-
Раздел 1. Административное регулирование создания сетей и систем радиосвязи	4	2	2	-
Тема 1. Основы распределения и управления радиочастотным спектром	1	1	-	-
Тема 2. Эффективность использования радиочастотного спектра	3	1	2	-
Раздел 2. Системное проектирование систем и сетей цифровой радиосвязи	55	27	12	16
Тема 3. Каналообразование в цифровых системах связи	1	1	-	-
Тема 4. Основы теории трафика	8	4	4	-
Тема 5. Энергетический расчет радиолиний связи	28	16	4	8
Тема 6. Частотно-территориальное планирование и электромагнитная совместимость в сетях цифровой радиосвязи	18	6	4	8
Раздел 3. Системы и сети сухопутной подвижной службы	26	12	2	12
Тема 7. Сети связи стандарта	8	4	-	4

Наименование раздела, темы	Всего аудит., часы	Лек- ции, часы	Практи- ческие занятия, часы	Лабора- торные занятия, часы
1	2	3	4	5
GSM				
Тема 8. Сети связи стандарта CDMA	8	4	-	4
Тема 9. Системы и сети сотовой радиосвязи третьего поколения	6	2	-	4
Тема 10. Энергетическая эффективность различных технологий сотовой радиосвязи	4	2	2	-
Раздел 4. Системы и сети фиксированной и спутниковой связи	6	2	-	4
Тема 11. Системы и сети фиксированной связи	5	1	-	4
Тема 12. Системы и сети спутниковой связи	1	1	-	-
Раздел 5. Системы беспроводного радиодоступа	2	2	-	-
Тема 13. Системы и сети беспроводного широкополосного радиодоступа	1	1	-	-
Тема 14. Сети связи на основе технологии Bluetooth	1	1	-	-
Итого:	94	46	16	32

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

ВВЕДЕНИЕ

Цель и задачи преподавания дисциплины. Рекомендуемая литература. Учебный план и организация процесса преподавания учебной дисциплины. Методические рекомендации по изучению курса.

Раздел 1. АДМИНИСТРАТИВНОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ СОЗДАНИЯ СЕТЕЙ И СИСТЕМ РАДИОСВЯЗИ

Тема 1. ОСНОВЫ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ РАДИОЧАСТОТНЫМ СПЕКТРОМ

Международные и национальные органы, координирующие деятельность в области электросвязи. Принципы распределения полос радиочастот. Виды радиосвязи и радиослужб. Таблица распределения полос радиочастот. Вторичные и первичные радиослужбы. Категории полос радиочастот. Национальное законодательство в области использования радиочастотного ресурса.

Тема 2. ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РАДИОЧАСТОТНОГО СПЕКТРА

Общие принципы эффективности использования радиочастотного спектра. Коэффициент использования радиочастотного спектра. Спектральная эффективность радиоэлектронных систем (РЭС). Относительная спектральная эффективность РЭС. Объем радиочастотного спектра, занимаемый РЭС.

Раздел 2. СИСТЕМНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМ И СЕТЕЙ ЦИФРОВОЙ РАДИОСВЯЗИ

Тема 3. КАНАЛООБРАЗОВАНИЕ В ЦИФРОВЫХ СИСТЕМАХ СВЯЗИ

Цифровой поток, заложенный в основу построения систем временного уплотнения каналов. Мультиплексирование. Иерархические уровни мультиплексирования. Плезиохронная и синхронная цифровая иерархия.

Тема 4. ОСНОВЫ ТЕОРИИ ТРАФИКА

Интенсивность трафика. Единицы измерения интенсивности трафика. Час наибольшей нагрузки. Созданная и обслуженная абонентская нагрузка. Качество обслуживания. Пропускная способность. Простейший поток событий. Математические модели системы массового обслуживания с ожиданием и отказами. Вероятность непредоставления канала связи в системе с блокированием вызова (Erlang-B). Вероятность непредоставления канала связи в системе с постановкой в очередь (Erlang-C). Среднее время пребывания в очереди. Общий алгоритм проектирования системы связи на основе требований реализуемой интенсивности трафика.

Тема 5. ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ РАДИОЛИНИЙ СВЯЗИ

Взаимосвязь параметров электромагнитного поля в точке приема и уровня сигнала на входе приемника. Статистические характеристики замираний радиосигналов. Критерии нормального функционирования линий цифровой радиосвязи. Модель распространения радиоволн в свободном пространстве. Распространение радиоволн над плоской идеально отражающей поверхностью. Учет сферичности земной поверхности, радиогоризонт, прямая видимость, рефракция, прямая радиовидимость. Дифракционное распространение радиоволн, зоны Френеля, дифракционные потери на одном и двух клиновидных препятствиях, дифракционные потери при одном цилиндрическом препятствии, общий метод определения дифракционных потерь при количестве препятствий более двух. Статистические модели распространения радиоволн. Модели распространения радиоволн в городской среде. Методика расчета зоны обслуживания системы сухопутной подвижной службы. Методика проектирования цифровых радиорелейных линий связи прямой видимости. Особенности предсказания уровней радиопомех в сетях радиосвязи.

Тема 6. ЧАСТОТНО-ТЕРРИТОРИАЛЬНОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ И ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ СОВМЕСТИМОСТЬ В СЕТЯХ ЦИФРОВОЙ РАДИОСВЯЗИ

Основные критерии электромагнитной совместимости в сетях радиосвязи. Защитное отношение, используемая и защищаемая напряженность электромагнитного поля. Определение параметров совокупной помехи от нескольких источников, метод суммирования мощностей, метод упрощенного умножения. Нормы частотно-территориального разнеса. Особенности частотного планирования сотовых сетей радиосвязи, понятие кластера, типовые частотные планы сотовой сети для случая секторизованных и несекторизованных ячеек, достигаемые отношения сигнал/помеха.

Раздел 3. СИСТЕМЫ И СЕТИ СУХОПУТНОЙ ПОДВИЖНОЙ СЛУЖБЫ

ТЕМА 7. СЕТИ СВЯЗИ СТАНДАРТА GSM

Основные технические характеристики. Структурная схема сети связи. Особенности радиоинтерфейса, структура TDMA кадров, структура логических каналов связи и управления, особенности технологий кодирования и перемежения данных. Особенности технологии идентификации абонента. Наложенные технологии передачи данных.

ТЕМА 8. СЕТИ СВЯЗИ СТАНДАРТА CDMA

Основные принципы организации множественного доступа на основе технологии CDMA. Основные технические характеристики стандарта CdmaOne. Псевдослучайные коды используемые в стандарте CdmaOne. Особенности радиоинтерфейса в стандарте CdmaOne, формирование основных каналов управления и трафика. Потенциально достигаемая емкость системы, основанной на технологии CDMA.

Тема 9. СИСТЕМЫ И СЕТИ СОТОВОЙ РАДИОСВЯЗИ ТРЕТЬЕГО ПОКОЛЕНИЯ

Отличительные особенности сетей подвижной связи третьего поколения. Существующие стандарты сотовой связи третьего поколения и их особенности. Технические характеристики основных стандартов сетей сотовой связи третьего поколения. Технические особенности системы связи стандарта UMTS, особенности тракта формирования сигналов, структура каналов и используемые коды, контроль уровня мощности, адаптивная регулировка скорости передачи данных. Перспективы развития систем и сетей сотовой радиосвязи.

Тема 10. ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАЗЛИЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ СОТОВОЙ РАДИОСВЯЗИ

Понятие энергетической эффективности технологии сотовой связи. Модель сети сотовой связи. Статистические характеристики эквивалентной изотропно-излучаемой мощности (ЭИИМ) абонентских станций. Влияние регулировки мощности абонентских станций на помехоустойчивости. Влияние параметров трафика на среднюю ЭИИМ абонентских станций.

Раздел 4. СИСТЕМЫ И СЕТИ ФИКСИРОВАННОЙ И СПУТНИКОВОЙ СВЯЗИ

Тема 11. СИСТЕМЫ И СЕТИ ФИКСИРОВАННОЙ СВЯЗИ

Особенности использования систем и сетей фиксированной службы. Сухопутные цифровые радиорелейные линии. Методы модуляции и каналообразования в цифровых радиорелейных линиях.

Тема 12. СИСТЕМЫ И СЕТИ СПУТНИКОВОЙ СВЯЗИ

Типы орбит и их основные характеристики. Классификация систем мобильной спутниковой связи. Система спутниковой подвижной связи INMARSAT. Система спутниковой подвижной связи Globalstar, структура системы, частотный план.

Раздел 5. СИСТЕМЫ БЕСПРОВОДНОГО РАДИОДОСТУПА

Тема 13. СИСТЕМЫ И СЕТИ БЕСПРОВОДНОГО ШИРОКОПОЛОСНОГО РАДИОДОСТУПА

Общая характеристика систем и сетей беспроводного радиодоступа. Особенности технологии Wi-Fi. Особенности технологии WiMAX.

Тема 14. СЕТИ СВЯЗИ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИИ BLUETOOTH

Общие сведения о технологии Bluetooth, спецификации стандарта, особенности организации пикосетей, особенности технологии защиты передаваемых данных, основные службы.

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

ЛИТЕРАТУРА

ОСНОВНАЯ

1. Системы и сети цифровой радиосвязи : учеб. пособие / Н.И. Листопад [и др.]. – Минск : Изд-во Гревцова, 2009. – 200 с.
2. Теоретические основы цифровой радиосвязи: учеб. пособие / Н.И.Листопад [и др.]. -Минск: БГУИР, 2012. – 330 с.
3. В.Козел, К.Ковалев Методы модуляции в телекоммуникациях.- Saarbrücken, Deutschland: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2016. – 229 с.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ

1. RECOMMENDATION ITU-R BS.1615-1
2. Ратынский, М.В. Основы сотовой связи /под ред. Д.Б.Зими́на. – 2-е изд., переаб. и доп. – М: Радио и связь, 2000. – 248 с.: ил.
3. Складар, Б. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение. Изд. 2-е испр.: пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2003. – 1104 с.: ил.
4. Прокис, Дж. Цифровая связь. пер. с англ. / под ред. Д.Д.Кловского. – М: Радио и связь. 2000. – 800 с.: ил.
5. Волков Л. Н. Системы цифровой радиосвязи : базовые методы и характеристики : учебное пособие / Л. Н. Волков, М. С. Немировский, Ю. С. Шинаков. - Москва : Эко-Трендз, 2005. – 392 с.
6. Берлин А. Н. Сотовые системы связи : учебное пособие / А. Н. Берлин. - М. : Интернет-Университет Информационных Технологий : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009. – 360 с.
7. Калмыков В. В. Системы сотовой и спутниковой радиосвязи : учебное пособие / В. В. Калмыков, И. Б. Федоров, С. С. Юдачев. - М. : Рудомино, 2010. - 280 с.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ И ВЫПОЛНЕНИЮ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

При изучении учебной дисциплины рекомендуется использовать следующие формы самостоятельной работы:

- выполнение заданий по учебной дисциплине;
- работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы;
- изучение материала, вынесенного на самостоятельную проработку.

ПЕРЕЧЕНЬ РЕКОМЕНДУЕМЫХ СРЕДСТВ ДИАГНОСТИКИ КОМПЕТЕНЦИЙ СТУДЕНТА

Типовым учебным планом по специальности 1-39 01 01 «Радиотехника (по направлениям)» в качестве формы текущей аттестации по учебной дисциплине «Системы и сети цифровой радиосвязи» рекомендован экзамен.

Для промежуточного контроля по учебной дисциплине и диагностики компетенций студентов могут использоваться следующие формы:

- проведение коллоквиума;
- собеседование;
- защита рефератов;
- письменные контрольные работы;
- устный опрос;
- защита лабораторных работ;
- проведение текущих опросов по отдельным разделам (темам) дисциплины;
- критериально-ориентированные тесты по отдельным разделам (темам) дисциплины;
- выступление студента по разработанной им теме;
- решение проблемных (творческих) задач, предполагающих неформализованный ответ.

РЕКОМЕНДУЕМЫЕ МЕТОДЫ (ТЕХНОЛОГИИ) ОБУЧЕНИЯ

Основные рекомендуемые методы (технологии) обучения, отвечающие целям и задачам дисциплины:

- элементы проблемного обучения (проблемное изложение, вариативное изложение, частично-поисковый метод), реализуемые на лекционных занятиях;
- элементы учебно-исследовательской деятельности, творческого подхода, реализуемые на практических и лабораторных занятиях.

ПРИМЕРНЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ ТЕМ ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ

1. Определение зоны обслуживания базовой станции сухопутной подвижной службы.
2. Энергетические показатели цифровой радиорелейной линии прямой видимости.
3. Исследование характеристик различных методов цифровой модуляции.
4. Определение параметров восприимчивости приемных устройств сигналов с различной цифровой модуляцией.

5. Изучение особенностей радиointерфейса системы сотовой связи стандарта GSM.
6. Изучение особенностей радиointерфейса системы сотовой связи стандарта CDMA.
7. Изучение особенностей радиointерфейса системы сотовой связи стандарта UMTS.
8. Изучение особенностей радиointерфейса цифровой радиорелейной линии.

ПРИМЕРНЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ ТЕМ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

1. Объем радиочастотного спектра занимаемый РЭС.
2. Проектирование системы связи с блокированием вызова на основе требований реализуемой интенсивности трафика.
3. Проектирование системы связи с постановкой в очередь на основе требований реализуемой интенсивности трафика.
4. Взаимосвязь параметров электромагнитного поля в точке приема и уровня сигнала на входе приемника.
5. Статистические характеристики замираний радиосигналов.
6. Защитное отношение, используемая и защищаемая напряженность электромагнитного поля.
7. Определение параметров совокупной помехи от нескольких источников, метод суммирования мощностей, метод упрощенного умножения.
8. Влияние параметров трафика на среднюю ЭИИМ абонентских станций.

ПРИМЕРНЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ КОМПЬЮТЕРНЫХ ПРОГРАММ

(необходимо оборудования, наглядных пособий и т.п.)

1. Пакет математического моделирования MatLab, включая пакет расширение Simulink и соответствующих ToolBox.
2. Векторные генераторы сигналов.
3. Анализаторы спектра и сигналов.
4. Анализаторы BER.
5. Комплекты цифрового радиорелейного оборудования.
6. Комплекты оборудования сотовой связи стандартов GSM, CDMA, UMTS, WiMAX, Bluetooth.