

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
**«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**
(Н И У « Б е л Г У »)

ИНСТИТУТ ИНЖЕНЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК

**Кафедра информационно-телекоммуникационных
систем и технологий**

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ СЕТИ ШИРОКОПОЛОСНОГО АБОНЕНТСКОГО
РАДИОДОСТУПА В МИКРОРАЙОНЕ «РАДУЖНЫЙ» Г. СТАРЫЙ
ОСКОЛ**

Выпускная квалификационная работа
обучающегося по направлению подготовки 11.03.02 Инфокоммуникационные
технологии и системы связи
заочной формы обучения, группы 07001364
Щеблыкиной Валентины Сергеевны

Научный руководитель
канд. техн. наук, доцент. кафедры
Информационно-
телекоммуникационных
систем и технологий
НИУ «БелГУ» А.Н. Заливин

Рецензент
Начальник отдела фиксированной
сети филиала ПАО "МТС" в
Белгородской области
Ю.А. Дорошенко

БЕЛГОРОД 2017

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1 АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ РАЗВИТИЯ РЫНКА СОТОВОЙ СВЯЗИ	6
1.1 Современное состояние связи	6
1.2 Сравнительный анализ систем связи	8
1.3 Этапы и тенденции развития систем сотовой связи	11
1.4 Технология связи поколения 4G	20
1.4.1 Основные стандарты технологии 4G	20
1.4.2 Архитектура сети LTE	24
1.4.3 Сравнение LTE с технологией WIMAX	29
2 ВЫБОР ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ СЕТИ LTE	37
2.1 Выбор производителя оборудования	37
2.2 Решение компании Huawei по широкополосному радиодоступу	37
2.2.1 Обзор оборудования	37
2.2.2 Сценарии применения DBS3900	39
2.2.3 Характеристики DBS3900	39
3 РАСЧЕТ И ПЛАНИРОВАНИЕ СЕТИ	43
3.1 Расчет ожидаемой дальности связи	43
3.2 Расчет радиуса зоны обслуживания	48
3.3 Количество ожидаемых абонентов	50
3.4 Расчет трафика пакетной передачи данных	51
3.4.1 Трафик передачи данных	51
3.4.2 Речевой трафик	52
3.4.3 Видео трафик	52
3.4.4 Оценка речевого трафика в сети LTE	53
3.4.5 Оценка трафика данных в сети LTE	54

					<i>11070006.11.03.02.609.ПЗВКР</i>			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		<i>Щеблыкина В.С.</i>			Проектирование сети широкополосного абонентского радиодоступа в микрорайоне «Радужный» г. Старый Оскол	Лит.	Лист	Листов
Провер.		<i>Заливин А.Н.</i>					2	84
Рецензент		<i>Дорошенко Ю.А.</i>				<i>НИУ «БелГУ», гр. 07001364</i>		
Н. контр.		<i>Заливин А.Н.</i>						
Утв.		<i>Жуляков Е.Г.</i>						

3.5 Расчет по модели Окамура Хата	57
3.5.1 Определение затухания по модели Хата	57
3.5.2. Расчет мощности сигнала приемника	61
4 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ	62
4.1 Анализ потенциально-опасных и вредных факторов, воздействующих на обслуживающий персонал проектируемого объекта.	62
4.2 Воздействие радиочастотного поля на организм человека	67
5 ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ	73
5.1 Обоснование проектирования широкополосной системы радиосвязи	71
5.2 Расчет капитальных затрат	71
5.3 Расчет эксплуатационных расходов	74
5.4 Расчет доходов от реализации услуг и прибыли	77
5.5 Анализ результатов и определение экономического эффекта	78
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	83
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	84

ВВЕДЕНИЕ

Привлечение новых абонентов и удовлетворение потребности в услугах уже имеющихся абонентов требует создания современных сетей доступа. Которые в свою очередь будут способны обеспечить возможность предоставления широкой гаммы услуг. А также необходимо понимать, что создание новых сетей доступа не должно исключать поддержку существующих.

Таким образом, создание высокоэффективной телекоммуникационной среды является важной и актуальной задачей. Без ее решения невозможно построение информационного сообщества и внедрение новейших информационных технологий в сферы производства, бизнеса, науки, образования, медицины и т.д.

Кроме того, проблема последней мили всегда актуальна для абонентов, расположенных на периферии. К настоящему времени появилось множество технологий последней мили, и перед любым оператором связи стоит задача выбора технологии, оптимально решающей задачу доставки любого вида трафика своим абонентам. Универсального решения этой задачи не существует, у каждой технологии есть своя область применения, свои преимущества и недостатки.

В результате реализации предложенного проекта будет построена сеть широкополосного абонентского радиодоступа в микрорайоне «Радужный» г. Старый Оскол, с возможностью предоставления абонентам современных телекоммуникационных услуг.

Целью ВКР является предоставление услуг широкополосного доступа жителям микрорайона, «Радужный» г. Старый Оскол.

Задачи:

1. Анализ существующей сети связи;
2. Выбор варианта реализации сети связи;
3. Выбор оборудования;

					<i>11070006.11.03.02.609.ПЗВКР</i>	Лист
						4
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

4. Расчёт объема оборудования;
5. Рекомендации по строительству сети;
6. Техничко-экономическое обоснование проекта;
7. Охрана труда, техника безопасности проекта

					<i>11070006.11.03.02.609.ПЗВКР</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		5

1 АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ РАЗВИТИЯ РЫНКА СОТОВОЙ СВЯЗИ

1.1 Современное состояние связи

Бурное развитие мобильности и Всемирная паутина привело к тому, что сегодня все услуги связи, предлагаемые мобильными операторами, это касалось Интернете, имеет качественную передачу звука, а в ближайшем будущем, и видео. Тем не менее, все это требует широких каналов связи. Наиболее распространенным стандартом в Европе - это сеть сотовой связи второго поколения, который носит имя GSM (короткий для глобальной системы мобильной связи). Скорость передачи данных в нем не превышает 9,6 кбит / с, что очень мало, даже по меркам десять лет назад.

Решить проблему узкого канала сетей GSM, стандарт называемые GPRS (General Packet Radio Service), известный как 2.5G или поколение "два с половиной". Это имя он получил по той причине, что он стал промежуточным между вторым (2G) и третьего (3G) поколения. На самом деле, это дополнение GSM, чтобы сделать доступным (то есть, быстрее и дешевле) использовать Интернет.

Третье поколение мобильной связи сегодня предлагает такие услуги, как видео-звонки и высокоскоростной доступ в Интернет с мобильного. Тем не менее, это не предел современных технологий. Уже разработаны и проходят четвертого поколения мобильных сетей. Из основных преимуществ являются следующие: высокие скорости передачи данных, сопоставимых с наземными сетями; Возможность передачи высококачественного видео и аудио; консолидация существующих стандартов связи (2G, 3G, Wi-Fi, WiMAX и др.) в единый последовательной стандарта.

Операторы развертывает сетей третьего поколения нужно, прежде всего, чтобы расширить 3G-идею в массах. Но, несмотря на это, он должен быть готовым к тому, что эта новая технология с богатой историей является неопределенное число месяцев или лет может привести к повреждению

					<i>11070006.11.03.02.609.ПЗВКР</i>	Лист
						6
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

(Япония и Корея - отдельный вопрос). Это сейчас страсти вокруг 3G сетей, и не было времени, чтобы полностью зарабатывать, напряжены до предела.

3G стандарт был разработан Международным союзом электросвязи (International Telecommunication Union, ITU) и носит название IMT-2000 (International Mobile Telecommunications 2000). Основная цель — гармонизация систем третьего поколения для обеспечения глобального роуминга — в настоящее время труднодостижима, так как многие из них работают в разных стандартах: под аббревиатурой IMT-2000, объединены 5 стандартов, а именно:

- W-CDMA;
- CDMA2000;
- TD-CDMA/TD-SCDMA;
- DECT;
- UWC-136.

Возьмите технологии инфраструктуры 3G. Наиболее перспективным и официально признан 3G-версии под названием GSM 2000 UMTS (Universal Mobile Telecommunications System). Между современной производителей оборудования GSM - а это главным образом европейские и японские фирмы - было решено, что основой технологии 3G / UMTS должны W-CDMA (широкополосный CDMA). Тем не менее, Международный союз электросвязи (МСЭ) пошел на ряд уступок, сохранив для Кореи и Северной Америки альтернативный в виде CDMA2000 (3G-версия современной CDMAOne).

Из этих пяти только первые три - W-CDMA, CDMA2000 и TD-CDMA / TD-SCDMA обеспечивают полное покрытие макро, микро и пико клеток, и, следовательно, они могут только на самом деле можно рассматривать как полное 3G-решений. Среди других стандартов, DECT используется, в частности, в беспроводных телефонах домашнего и офисного использования. Кроме того, он может быть использован для организации 3G точки доступа / обзоры / wireless2004 / с небольшой площадью услуг (на данный момент это можно рассматривать как подмножество «большой» 3G-сети), наконец,

					<i>11070006.11.03.02.609.ПЗВКР</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		7

ВКУ136 -. Это просто другое название для технологии EDGE, которую обычно относят к 2,5G.

1.2 Сравнительный анализ систем связи

По ИМТ-2000 стандартов для сети мобильной связи третьего поколения относится к интегрированным, обеспечивая следующие скорости передачи данных: абонентов с высокой мобильностью (до 120 км / ч) - не менее, чем 144 кбит / с, для пользователей с низкой мобильностью (до 3 км / ч) - 384 кбит / с для стационарных объектов на коротких расстояниях - 2,048 Мбит / с.

W-CDMA (другое название - UMTS, Универсальная телекоммуникационная система - Универсальная система мобильной связи) - это стандарт, который был принят в Европе и Японии. UMTS, по сути - это обновление GSM GPRS с EDGE и. Наземная часть UMTS известен как UTRA (UMTS наземного радиодоступа). FDD-UTRA компонент, основанный на стандарте W-CDMA (FDD UTRA). Теоретически, это обеспечивает передачу данных со скоростью до 2 Мбит / с, но на практике скорость существенно ниже: W-CDMA система имеет определенные технические ограничения. (TDD-компонент UTRA, называемый TD-CDMA (или UTRA TDD) будет сказано ниже.) Работа по стандартизации UMTS координируется группой Проекта партнерства третьего поколения (3GPP).

CDMA2000. Этот стандарт, способствует американского оператора Qualcomm, является основным конкурентом европейской версии UMTS. Работы по стандартизации координируется группой CDMA2000 третьего поколения проекта партнерства (2 3GPP2, группа CDMA (Группа развития CDMA), обратиться за консультацией к 3GPP2).

Несмотря на то, что стандарты «W-CDMA» и «CDMA2000» имеют общую аббревиатуру в своих именах, это совершенно разные системы, использующие различные технологии. Тем не менее, есть надежда, что мобильные терминалы, работающие в этих несовместимых стандартов либо научиться «общаться» друг с другом. CDMA2000 имеет две фазы развития:

					<i>11070006.11.03.02.609.ПЗВКР</i>	Лист
						8
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

первая 1ХRTT, также известный как 1Х, обеспечивает скорость передачи данных до 144 кбит / с, и может быть повышен до второго этапа - 3хRTT (или 3), где скорость до 2 Мбит / с.

Другой эволюционный этап включает в себя два стандартных CDMA2000 1Х EV («EV» = «Evolution», эволюция развития) CDMA2000 1Х EV-DO («Data Only» - только данные.) Является использование различных частот для передачи голоса и данных. На следующем этапе - в стандартной CDMA2000 1Х EV-DV («голоса и данных» - «данные и голос») интеграция голоса и данных в том же частотном диапазоне.

TD-CDMA. Технология UMTS также содержит другой стандарт радио, которое упоминается гораздо реже, чем W-CDMA - TD-CDMA (другое название - TDD UTRA). Стандартный TD-CDMA, разработанный немецким концерном Siemens, использует TDD, и, в отличие от W-CDMA, использует JavaScript для FDD, которая требует так называемого парного спектра может использовать непарный спектр. Считается, что TDD технология хорошо подходит для передачи данных в сети Интернет.

По IMT-2000 стандартов, сеть мобильной связи третьего поколения относится к интегрированным, обеспечивая следующие скорости передачи данных: абонентов с высокой мобильностью (до 120 км / ч) - не менее, чем 144 кбит / с, для пользователей с низкой мобильностью (в 3 км / ч) - 384 кбит / с для стационарных объектов на коротких расстояниях - 2,048 Мбит / с.

В пользовательском оборудовании домена для доступа к сети 3G с использованием UMTS. Абонентский доступ к сетевой инфраструктуре с помощью стандартного радио принадлежит к семейству радио интерфейсов 3G. Сетевая инфраструктура состоит из доменов, которые выполняют различные функции, необходимые для поддержки радиointерфейса для обеспечения комбинированных услуг 3G, запрошенные абонентом. Сетевая инфраструктура позволяет совместное использование ресурсов между пользователями сети UMTS, предоставление услуг 3G для всех зарегистрированных абонентов в зоне действия сети. Контрольная точка между доменом пользовательского

					<i>11070006.11.03.02.609.ПЗВКР</i>	Лист
						9
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

осуществляется по протоколу IPv6 (4G IP-версия 6). Это значительно облегчает сети, особенно если они имеют различные типы.

Для обеспечения необходимой скорости, используя частоты 40 и 60 ГГц. Создатели приемопередатчика, используемого оборудования для 4G проходят в цифровом приеме вещания - технология ортогонального частотного мультиплексирования OFDM. Эта методика позволяет манипулировать сигналом "запечатанный" данные без помех и искажений. Это сопровождается разложением частот для удовлетворения максимальное ортогональности друг несущая падает в момент, когда сосед имеет нулевое значение. Это не исключает их взаимодействие, а также более эффективное использование спектра частот - не защитная «анти-помех» полосы. Чтобы отправить сигнал, поступивший на фазовый сдвиг модуляции (PSK и его варианты), в котором больше информации отправляется на длительное время или квадрат амплитуды (QAM), более современный и позволяет сделать большую часть вашего пропускной способности. Конкретный тип выбирается в соответствии с желаемой скоростью и приема условиях. Сигнал разделяется на определенное количество параллельных потоков при передаче и приеме, когда происходит.

1.3 Этапы и тенденции развития систем сотовой связи

Мобильная сеть связи третьего поколения (3G). Принципиальное отличие от технологий третьего поколения предыдущих - возможность обеспечить весь спектр современных услуг (голос, Интернет-трафика, симметричные и асимметричные передачи информации с высоким качеством связи) и в то же время для обеспечения совместимости с существующими системами. Услуги в сетях третьего поколения можно разделить на две группы: немультимедийных (узкополосных голосовых, низкая скорость передачи данных, сетевой трафик) и мультимедиа (асимметричных и интерактивных).

Для обеспечения качества таких услуг, концепция международной мобильной связи 2000 (IMT-2000) к сетям 3G должны соответствовать следующим требованиям, предъявляемым к пропускной способности: до 2048

					<i>11070006.11.03.02.609.ПЗВКР</i>	Лист
						11
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Мбит / с для низкой мобильности (скорость передвижения клиентского устройства меньше, чем 3 км / ч) и локальной охват и до 144 кбит / с с высокой подвижностью (до 120 км / ч) и широкой зоне покрытия. Проект IMT-2000 семейство стандартов, разработанных 2: IMT-DS, известный как Универсальная система мобильной связи (UMTS), и IMT-MS называется CDMA 2000. Обе системы предназначены для работы в диапазоне от приблизительно 2 ГГц.

UMTS является семейство стандартов для замены широко распространенных сетей GSM в Европе, и, хотя его развитие пришлось отказаться от принципа временного разделения каналов (TDMA) и перейти к широкополосному CDMA широкополосный CDMA (W-CDMA), практически все телефоны для UMTS для того, чтобы сохранить совместимость также GSM.

CDMA 2000 - это следующий шаг CDMA, предполагая, плавный переход от 2G к 3G через CDMA 2000 1x, CDMA 2000 1xEV к (Evolution), включающий два стандарта: 1xEVDO (Evolution_Data только данные только) и 1xEVDV (Evolution Data и Voice данных и голоса). 1xEVDO работы с CDMA2000 1x, 1x сети с помощью голоса и 1xEV-DO - для передачи данных, отличающийся тем, что пропускная способность в 600 Кбит / с до 2 Мбит / с. 1xEVDV передает голоса и данных со скоростью от 2 до 5 Мбит / с, и полностью совместимые сети 3G. Именно это стандарт должен закончить переход к 3G.

Всего существует три основных стандарта 3G:

- UMTS (Universal Mobile Telecommunications Service);
- CDMA 2000;
- WCDMA (Wide CDMA).

Все они сконфигурированы для передачи пакетных данных и, следовательно, работать с цифровыми компьютерными сетями, включая Интернет. Скорость передачи данных в стандарте следующего поколения может достигать 2,4 Мбит / с. Это повысит качество звука, или добавить услуги, как видео-звонки, которые, вероятно, уже слышали многие. Мобильный Интернет теперь станет доступнее и гораздо быстрее.

					<i>11070006.11.03.02.609.ПЗВКР</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		12

Кроме того, в случае необходимости, сеть 3G может быть применено к ранее распакованных GSM или другого стандарта второго поколения. Это возможно из-за использования различных радио эти стандарты. В результате, оператор мобильной связи может добавлять новые услуги, поскольку они становятся нужны их. А в связи с тем, что сегодня все телефоны имеют двойное долго (что, может работать в сетях 2G, 3G и в), пользователи не будут иметь проблемы выбора.

Прежде чем приступить к подробному описанию перспектив мобильной связи третьего поколения, проследим эволюцию мобильных коммуникаций, которая берет свое начало во второй половине прошлого века.

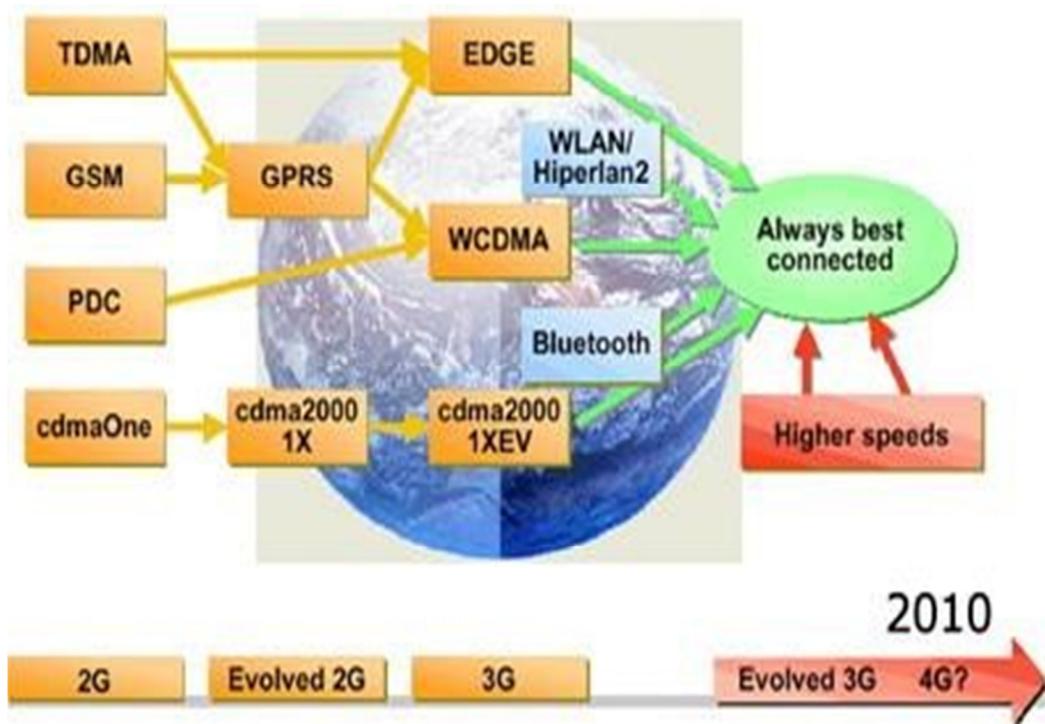


Рисунок 1.2 - Эволюция стандартов сотовой связи

В этой схеме рассматриваются: мобильная сеть связи первого поколения (1G), второго (2G), (2.5G), но более хотели бы остановиться на 3G и 4G, и сделать сравнение.

Мобильная сеть связи четвертого поколения (4G). Основное отличие от сетей четвертого поколения предыдущих, в-третьих, это технология 4G,

который полностью основан на протоколе передачи пакетных данных, в то время как 3G сочетает в себе передачу как голосового трафика и пакетов данных. Международный союз электросвязи определяет технологию 4G как технологии беспроводной связи, что позволяет добиться скорости передачи данных до 1 Гбит / с в качестве источника трафика или назначения, и до 100 Мбит / с в связи между двумя мобильными устройствами. Передача данных осуществляется по протоколу IPv6 (4G IP-версия 6). Это значительно облегчает сети, особенно если они имеют различные типы. Для обеспечения необходимой скорости, используя частоты 40 и 60 ГГц. Создатели приемопередатчика, используемого оборудования для 4G проходят в цифровом приеме вещания - технология ортогонального частотного мультиплексирования OFDM. Эта методика позволяет манипулировать сигнал «запечатанный» данные без помех и искажений. Это сопровождается разложением частот для удовлетворения максимальное ортогональности другая несущая падает в момент, когда соседняя имеет нулевое значение. Это не исключает их взаимодействие, а также более эффективное использование спектра частот – не защитная «анти-помех» полосы. Чтобы отправить сигнал, поступивший на фазовый сдвиг модуляции (PSK и его варианты), в котором больше информации отправляется на длительное время или квадрат амплитуды (QAM), более современный и позволяет сделать большую часть вашей пропускной способности. Конкретный тип выбирается в соответствии с желаемой скоростью и приема условиях. Сигнал разделяется на определенное количество параллельных потоков при передаче и приеме.

Для надежного приема и передачи на СВЧ планируется использовать так называемый адаптивной антенной, которые могут приспособиться к конкретной базовой станции. Но в городе таких антенн в определении правильного направления может предотвратить замирание - ее искажение, возникающие в процессе распределения. Существует еще одна особенность помогает OFDM - устойчивость к выцветанию (для разных типов модуляции имеет запас для замирания). Можно и работа в условиях отсутствия прямой

					<i>11070006.11.03.02.609.ПЗВКР</i>	Лист
						14
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

видимости, так что предотвращает телефона стандарта GSM. Недостатки OFDM - чувствительность доплеровского искажения и требования к качеству электронных компонентов.

Произошло важное событие в развитии беспроводных сетей четвертого поколения (4G). Международный союз электросвязи (Международный союз электросвязи, МСЭ) официально признала технологию LTE-Advanced (который мы уже упоминали несколько раз в новостях) стандарт беспроводной 4G, который открывает путь для ускоренного развития своей последующей реализации.

Теперь, по LTE-Advanced в сочетании с WiMAX / 2 официально признан IMT-Advanced технологий. Он сообщил, что окончательное утверждение состоялось на заседании рабочей группы Исследовательской группы МСЭ-R, состоявшегося недавно в Женеве, Швейцария. Напомним, чтобы получить официальный статус стандартного 4G, беспроводные технологии обязаны обеспечивать пиковые точки доступа пропускной способностью в 1 Гбит / с.

В то же время, когда мобильные сети, эта цифра должна достигнуть 100 Мбит / с. Кроме того, по этой технологии требуется полная поддержка IP адресации и возможность переключаться между реализации таких сетей, как

4G, 3G и Wi-Fi. Следует отметить, что в этом году официально введен в промышленную эксплуатацию 9 стандартных LTE сетей, и еще 11 должны появиться до конца 2010 года.

Новые возможности в передаче больших объемов данных, который обеспечивает технология 4G группу, а теперь, провайдеров мобильного контента, чтобы отразить расширение своего бизнеса. Если сегодня основным продуктом на данном рынке являются мелодии и неприхотливы игра, появление 4G сделает его гораздо более актуальны мобильное телевидение, видео-по-запросу (VOD - «видео по запросу»), «продвинутые» игры, и т.д.

Кроме того, 4G станет возможным благодаря мобильной видеоконференцсвязи (видео чат) и мобильной одноранговой сеть-сеть. По прогнозам исследовательской компании Screen Digest, к 2011 году во всем мире

					<i>11070006.11.03.02.609.ПЗВКР</i>	Лист
						15
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

будет не менее 140 миллионов. Абоненты ТВ мобильных услуг. Годовой общий доход на рынке в течение пяти лет составит 4,7 млрд. евро. Аналитики считают, что потенциал мобильного телевидения может генерировать гораздо больше прибыли, чем игры и музыку для мобильных устройств.

Технология 3G прочно на рынке, и теперь эксперты говорят о том, что в магазине для отрасли беспроводной связи. В качестве основного стандарта 4G, некоторые аналитики называют LTE, а затем идет мобильные WiMAX. Кроме того, будущие обновления стандартной HSPA (3.5G называемая технология) может умерить спрос на LTE или подавить его полностью на некоторых рынках. Как 5G, эксперты предлагают взглянуть на технологии LTE Advanced и 802.16m, чтобы понять, что промышленность может ожидать в будущем. Это около 100 Мбит / с и выше. Тем не менее, есть серьезные ограничения, а объясняют эксперты. Это экономическая сторона вопроса. Появление таких технологий будет означать необходимость установки еще больше новых растений, выпуск еще более новых телефонов, и многие игроки на рынке могут просто сказать «нет». Таким образом, приход 5G аналитиков технология не советуют ждать до 2015 года. Но самое главное преимущество мобильного WiMAX время на рынок (Рисунок 1.3).

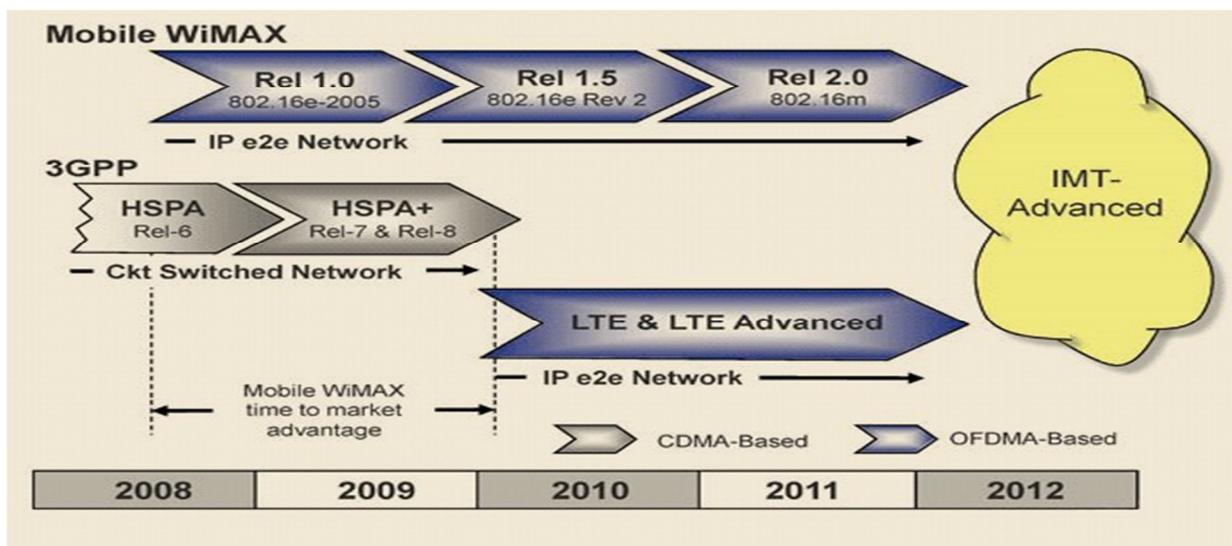


Рисунок 1.3 - Развитие стандартов мобильного WiMAX и 3GPP

К концу 2008 года, только сертифицированные продукты WiMAX почти 100, в 2011 году их число увеличится в порядке. Количество мобильных WiMAX сетей уже в коммерческую эксплуатацию. LTE сети, как ожидается, начнется только в 2009 году, чтобы развернуть. Кроме того, объем инвестиций для модернизации существующих сетей в сети 3G - LTE сопоставимы с затратами на развертывание WiMAX-сетей, фактор времени, а именно, победившей 2 из 3 лет, становится решающим при выборе технологии 4G. Таким образом, можно сказать, что, как правило, с технической точки зрения WiMAX и LTE примерно тот же класс систем.

Эксперты отмечают, что способ введения сетей 4G есть ряд препятствий. Во-первых, не было на рынке потребительских устройств. Такие телефоны, если там были, будет потреблять слишком много энергии и, возможно, не работает в течение длительного времени на батареи (в настоящее время существуют аналогичные проблемы в 3G - устройств). Услуги вторых, высокоскоростной доступ в Интернет и видео требуют больших и лучших дисплеев, чем те, которые установлены в телефонах сегодня. Но главной проблемой остается принципиально иной характер. То, что инвестиции в сети развертывания четвертого поколения должны быть гораздо более прочным, чем в 2G и 3G даже. Между тем, инвесторы, включая венчурный капитал, еще осторожнее - они не уверены в правильном экономическом воздействии 4G-проектов. Кроме того, некоторые производители предлагают «перекрестные» 4G и беспроводных широкополосных сетей. В разных ситуациях, пользователь сможет выбрать наиболее подходящие способы подключения. Но в любом случае, главное воплощение с помощью технологии 4G в Wi-Fi будет получать огромного конкурента.

Еще в 2005 году, японская компания NTT DoCoMo сообщила о прогрессе в работе на новый беспроводной стандарт - были проведены успешные эксперименты по передаче данных на скорости 100 Мбит / с беспроводной сети 4G каналов. Таким образом, вопреки всем ожиданиям, было обнаружено, что NTT DoCoMo опережает конкурентов по меньшей мере, четыре года. Но только

					<i>11070006.11.03.02.609.ПЗВКР</i>	Лист
						17
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

во второй половине 2006 года, крупные национальные и международные операторы начали официальное сотрудничество для разработки стандартного 4G. Рабочая группа Next Generation Mobile Network Сотрудничество (NGMNC) собрала GSM- и CDMA-операторов по всему миру, чтобы определить свои потребности в мобильных сетях четвертого поколения. Основными членами группы стали Sprint Nextel, T-Mobile, Vodafone, KPN и Orange, присоединился NTT DoCoMo и China Mobile. Эта ассоциация будет открыть компанию в Великобритании, которая, в свою очередь, в июле 2007 года, начнется полномасштабное развитие сети с коммутацией пакетов данных. Одним из технологических задач группы является подготовка плавного перехода к 4G на всех 3G-технологий, включая UMTS, EV-DO. По мнению участников NGMNC, запустить коммерческие сети на основе нового стандарта планируется на 2010 год.

Но в Китае, как это часто бывает в последние годы, приняли иной взгляд на развитие технологий. 28 января того же года после того, как несколько месяцев тестирования здесь был официально введен в эксплуатацию первый в мире сеть мобильной связи четвертого поколения - он начал работать в Changning Шанхая. Система обеспечивает скорость беспроводной передачи данных 100 Мбит / с, что сравнимо со скоростью, которая может достичь волоконно-оптической технологии. Здесь следует отметить, что научноисследовательский проект по переходу от 3G к 4G был запущен Китаем в 2001 году запуск текущей системы обойдется в \$ 19,2 млн. Ожидается, что Китай широкое распространение 4G начнется в преддверии Олимпиады-2008 в Пекине.

В Европе, также готовится к запуску первого мобильной сети связи четвертого поколения. О своем участии в проекте LTE (Long-Term Evolution), сказал крупные европейские операторы T-Mobile International, Orange и Vodafone Group, а также производители мобильной техники Alcatel-Lucent, Nokia Siemens Networks, Nortel Networks и Ericsson. Тест запуск LTE планируется начать в мае 2007 года, и коммерческая эксплуатация первой сети

					<i>11070006.11.03.02.609.ПЗВКР</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		18

будет запущен в 2009-2010 годах. Эксперты считают, что к этому времени, вы можете развернуть сети 4G, но покрытие базовых станций будет более пятнистой. Эксперты также считают, что это маловероятно, что услуги 4G станут популярными среди европейских потребителей в ближайшие несколько лет. Даже сейчас, спустя четыре года после запуска первых сетей 3G в Европе, они используются менее чем наполовину своей мощности. Аналитики связывают это с завышенными тарифами на услуги третьего поколения. Таким образом, важную роль в успехе ценообразования 4G будет играть европейские операторы. Ведь, на самом деле, не все пользователи заинтересованы в высокоскоростных мобильных интернет-услуг и смежных - большинство, необходимое для традиционных голосовых вызовов. Учитывая проблемы 3G, влияние технологий четвертого поколения на рынке телекоммуникационных услуг в Европе будет заметно только в 2020 году, пессимисты прогнозируют.

В настоящее время в США у оператора мобильной Nextel рассматривает возможность отказаться в пользу 3G 4G компании Flarion, которые делают спинами свое творение. «Проверка жизнеспособности 4G 150 базовых станций в крупнейших городах юга Америки», - сказал Nextel, расширяя область тестирования. Испанский Telefonica не собирается полностью отказаться от введения в сетях третьего поколения, но только ограничивает сферу их применения в целях сосредоточения на «скачек поколения». Только если в Новом Свете решений спроса компании Flarion, там предпочитают развитие IPWireless, что очень удобно в этой ситуации, из-за введения используется резервный 3G.

Технология LTE является основным направлением эволюции сетей сотовой связи третьего и второго поколения. LTE обеспечивает теоретическую скорость передачи данных до 326,4 Мбит / с от базовой станции к пользователю и 172,8 Мбит / с в обратном направлении. С точки зрения реализации оператора технологии LTE, чтобы максимизировать производительность оборудования, покрытие, и в результате, качество обслуживания клиентов. Кроме того, благодаря новым операторам возможности LTE смогут перенести содержимое с

					<i>11070006.11.03.02.609.ПЗВКР</i>	Лист
						19
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

помощью радиочастотного ресурса, и, чтобы конкурировать с телевидением, радио и других средств массовой информации.

Пользователи 2G и 3G, в свою очередь, собираются к новому поколению услуг связи, получают не только беспроводной доступ в Интернет на высоких скоростях, но и смогут оценить бесперебойную работу и мгновенный отклик мультимедийных приложений, персональные медиа-услуг, и т.д.

Тестирование технологии LTE четвертого поколения в постсоветском пространстве и новые возможности в телекоммуникационном секторе - это очень важный шаг, так как одним из основных стратегических направлений является развитие широкополосного доступа в Интернет, фиксированной и мобильной, в развертывание сети 4G. Это также немного отличается, и существующие тарифы, которые, возможно, указывают на отсутствие конкуренции между операторами.

1.4 Технология связи поколения 4G

1.4.1 Основные стандарты технологии 4G

Технология построения беспроводной Generation Networks, следуя технологии 3G, на основе ИС, передача данных с высокой скоростью. Соответствующий стандарт разработан и утвержден международными партнерами 3GPP.

LTE - это не обновление 3G, это глубокое изменение, что знаменует переход от системы CDMA (WCDMA), системы OFDMA, и переход от коммутации каналов системы Система e2e IP (коммутации пакетов). Проблемы перехода к LTE включают необходимость в новом спектре воспользоваться широким каналом. Кроме того, необходимые абонентские устройства, которые могут работать одновременно на LTE и 3G (рисунок 1.4) для плавного перехода абонентов от старых к новым сетям.

					<i>11070006.11.03.02.609.ПЗВКР</i>	Лист
						20
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

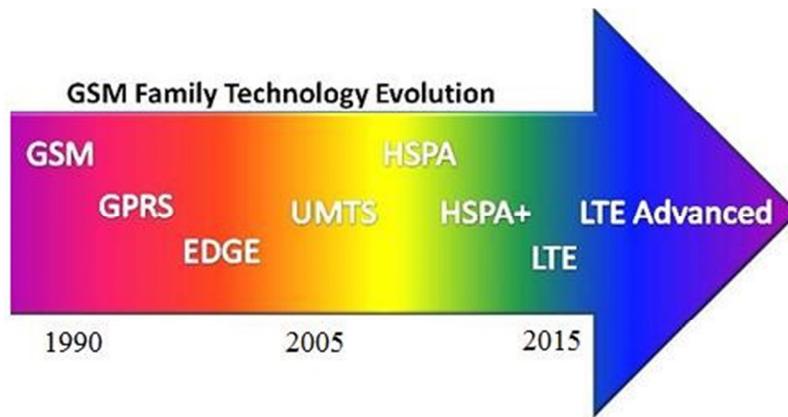


Рисунок 1.4 - Тенденции развития в сетях LTE и 3G

Цели разработки LTE:

- снижение стоимости передачи данных;
- увеличение скорости передачи данных;
- возможность предоставления большего спектра услуг по более низкой цене;
- повышение гибкости использования уже существующих систем.

Основная цель - увеличение скорости передачи данных, так как все остальные в значительной степени следствием этой задачи. Введение LTE обеспечивает возможность создания высокоскоростных систем сотовой связи, оптимизированные для скоростей передачи пакетных данных до 300 Мбит / с в нисходящем канале (от базовой станции к пользователю) и до 75 Мбит / с в восходящем канале. Пик скорости передачи данных в ранних реализациях должны составлять не более 100 Мбит / с в нисходящем канале и 50 Мбит / с в направлении пользователя. Реализация LTE будет доступна в различных частотных диапазонах - от 1,4 МГц до 20 МГц, а также разделения различных технологий - FDD (частоты) и TDD (временной) (рисунок 1.5).

					<i>11070006.11.03.02.609.ПЗВКР</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		21

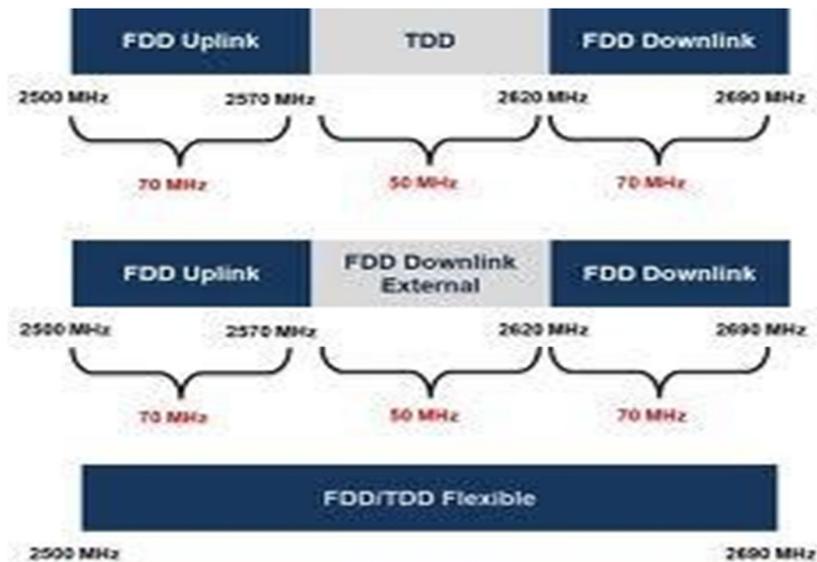


Рисунок 1.5 - Возможности реализации на технологиях FDD и TDD

Для реализации скорости до 326,4 Мбит / с планируется использовать конфигурацию технологии антенн MIMO 4x4 в. Ограничение скорости конфигурации 2x2 «вниз» может достигать 172,8 Мбит / с (в каждой полосе частот 20 МГц). Пиковая скорость в «до» может достигать 86,4 Мбит / сек для каждого диапазона 20 МГц. Диапазон базовой станции LTE может быть различным. В оптимальном случае - порядка 5 км, но при необходимости, он может быть до 30 км или 100 км (при достаточно подъема антенны). Сеансом вызова или данных инициируется в зоне покрытия LTE, технически может быть передан без разрыва в сеть 3G (WCDMA), CDMA2000 или GSM / GPRS / EDGE.

LTE делает более эффективное использование частотного спектра, имеет высокую пропускную способность и более низкие значения задержки, что небольшие пакеты могут быть уменьшены до величины всего 5 мс. Увеличение скорости передачи данных улучшает качество услуг, ускоряет распространение новых мультимедийных услуг (многопользовательские игры, социальные сети, видеоконференции, мониторинга и M2M, интерактивные онлайн-приложений, и т.д .). Еще одно преимущество - в отличие от WCDMA (требующих полосу пропускания 5 МГц), LTE может работать с различными полосами частот - от 1,5 МГц до 20 МГц.

					<i>11070006.11.03.02.609.ПЗВКР</i>	Лист
						22
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Внедрение технологии LTE позволяет операторам сократить капитальные и эксплуатационные затраты, снизить общую стоимость владения сетью, расширить свои возможности в области конвергенции услуг и технологий, повысить доходы от услуг передачи данных. Сеть поддерживает MBSFN (Multicast Droadcast одночастотной сети), что позволяет реализовать такие услуги, как мобильное телевидение, в отличие от DVB-H.

Стандарт Rel.8 предусматривает возможность одновременной работы до 200 активных пользователей в каждой соте, использующей полосу в 5 МГц.

Принципы построения радиointерфейса по технологии LTE.

Преимущества LTE:

- высокая пропускная способность сети;
- большая чувствительность;
- поддержка игровых приложений за счет низкого времени отклика;
- высокая интерактивность;
- более высокая скорость загрузки данных;
- возможность передачи голоса по IP/IMS;
- более высокое качество обслуживания;
- больше каналов мобильного ТВ;
- лучше качество изображения мобильного ТВ;
- OFDMA на линии от базовой станции с модуляцией 64QAM;
- полностью IP e2e сеть;
- ширина канала до 20 МГц;
- и TDD, и FDD профили;
- гибкая сеть доступа;
- улучшенная техника антенн;
- на линии к базе одна несущая с частотным доступом (SC-FDMA).

модуляция опционально до 64QAM.

					<i>11070006.11.03.02.609.ПЗВКР</i>	Лист
						23
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

1.4.2 Архитектура сети LTE

LTE базируется на трех основных технологиях: мультиплексирования через ортогональной OFDM (мультиплексирование с ортогональным носителем частотное разделение каналов), много антенн MIMO (Multiple Input Multiple Output) и эволюционной архитектуры сетевой системы (System Architecture Evolution).

Разделение канала может быть по частоте (FDD) и по времени (TDD). Это позволяет операторам гибко использовать частотный ресурс. Такое решение открывает рынок для компаний, которые не имеют двух частот. С другой стороны, поддержка FDD очень удобно для традиционных операторов мобильной связи, поскольку они в паре частот является "по определению" - организовать почти все существующие системы сотовой связи. Сама по себе система FDD гораздо более эффективна с точки зрения частотных ресурсов, чем TDD, - она имеет меньше накладных расходов (служебных полей, слоты и т.д.).

Обмен между базовой станцией (BS) и мобильной станцией (MS) строится по принципу циклически повторяющихся кадров (в плане LTE - радиокадр). Длительность кадра радиосвязи - 10 мс. Все временные характеристики LTE привязаны к минимальной кванта времени $T_s = 1 / (2048 F)$, где; F - расстояние между под несущими, стандарт - 15 кГц. Таким образом, продолжительность кадра радиосвязи - $307200T_s$. Сам же временной интервал соответствует тактовой частоте 30,72 МГц, что несколько из стандарта в 3G-систем (полосы пропускания канала WCDMA до 5 МГц) Частота обработки $3,84MGts (8 \times 3,84 = 30,72)$.

Стандарт LTE предусматривает два вида радио кадров. Тип 1 предназначен для частот двусторонней - как полный дуплекс и полудуплекс. Этот кадр состоит из 20 интервалов (0,5 мс), пронумерованных от 0 до 19. Две соседние слоты образуют подрамник (рисунок 1.6). В дуплексном кадрах радиосвязи в восходящей линии связи и нисходящей линии связи передаются параллельно, но со стандартом, указанным в временного сдвига.

					<i>11070006.11.03.02.609.ПЗВКР</i>	Лист
						24
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Радио кадр типа 2 предназначен только для временного дуплексирования. Он состоит из двух полукадров длительностью по 5 мс. Каждый полукадр включает 5 субкадров длительностью 1 мс. Стандарт предусматривает два цикла временного дуплексирования - 5 и 10 мс. В первом случае 1-й и 6-й субкадры идентичны и содержат служебные поля ВИПП, UpPTS и защитный интервал GP. При 10-мс цикле TDD 6-й субкадр используется для передачи данных в нисходящем канале. Субкадры 0 и 5, а также поле ВИПП всегда относятся к нисходящему каналу, а субкадр 2 и поле UpPTS- к восходящему. Возможно несколько вариантов длительности полей ВИПП, UpPTS и ГП, но их сумма всегда равна 1 мс.

Как уже отмечалось, в LTE используется модуляция OFDM, хорошо исследованная в системах DVB, Wi-Fi и WiMAX. Напомним, технология OFDM предполагает передачу широкополосного сигнала посредством независимой модуляции узкополосных поднесущих вида $S_k(t) = 2\pi(f_0 + k\Delta f)$, расположенных с определенным шагом по частоте; F. Один OFDM-символ содержит набор модулированных поднесущих. Временной области OFDM-символ включает поле данных (полезная информация) и так называемый циклический префикс CP (циклический префикс) - повторно передаваемый фрагмент конца предыдущего символа. Назначение префикса - борьба с межсимвольной интерференцией в приемнике вследствие многолучевого распространения сигнала. Отраженный сигнал, приходящий с задержкой, попадает в зону префикса и не накладывается на полезный сигнал.

В LTE принят стандартный шаг между поднесущими; $F = 15$ кГц, что соответствует длительности OFDM-символа 66,7 мкс.

					<i>11070006.11.03.02.609.ПЗВКР</i>	Лист
						25
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

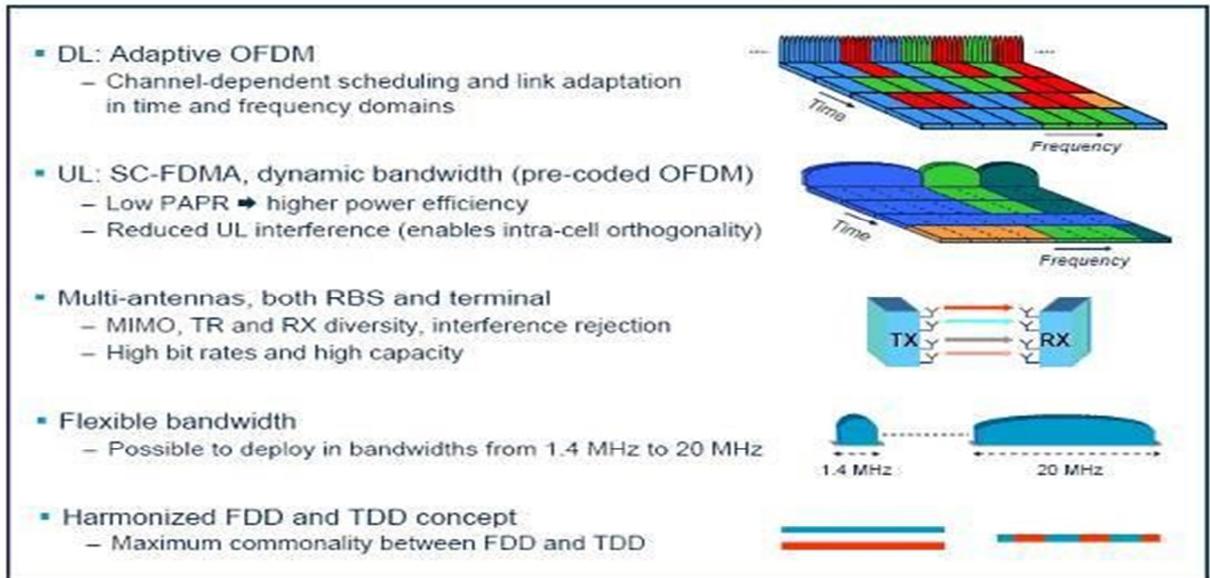


Рисунок 1.6 - Используемые технологии стандарта

Каждый абонентский блок (СУ) в каждом временном интервале присваивается спектр ресурсов канала во временной области частоты (рисунок 8) - сетке ресурсов. Сетке ресурсов сотовый - так называемый ресурсный элемент - соответствует одной поднесущей в частотной области и одного OFDM-символа во времени. Элементы ресурсов образуют блок ресурсов - минимальная единица информации в канале. Ресурсный блок 12 поднесущих (т.е. 180kGts) и 7 или 6 OFDM-символов, в зависимости от типа циклического префикса (таблица 2) - так, чтобы общая длина щели 0,5 мс. Ресурсных блоков НРБ в сетке ресурсов количество зависит от ширины полосы частот канала и колеблется от 6 до 110 (по ширине полос частот каналов восходящей / нисходящей линии связи в LTE - от 1,4 до 20 МГц). Блок ресурсов - это минимальная единица ресурсов выделяется в абонентском устройстве базовой станции планировщика. На распределение ресурсов в каждом слоте, базовая станция сообщает в специальном канале управления.

Продолжительность 4,7 мкс префикса позволяет бороться с задержкой сигнала, передаваемого пути отраженного в 1,4 км больше, чем прямой сигнал, распространяющийся. Для клеточных систем в городе, который, как правило, достаточно. Если нет - использовать расширенный префикс, обеспечивая

подавление помех между символом в радиусе клеток до 120 км. Такой огромный клеток полезно для всех видов услуг (shirokoveshchatelnyh MBMS), например, мобильного ТВ вещания.

Для этих режимов (только в нисходящем канале) обеспечивает особую структуру слота с шагом 7,5 кГц между поднесущими и циклического префикса 33,4 мс. Слот пока только три OFDM-символа. Особый случай представляет режим вещания (услуга MBMS для одночастотной сети) MBSFN. В этом режиме, несколько базовых станций, в определенной MBSFN зоне одновременно и синхронно вещания совместно широковещательного сигнала.

Каждая поднесущая модулируется 4-, 16- и 64-квадратурной фазовой дискретизации аналогового модуляции (QPSK, 16-QAM и 64-QAM). Соответственно, один символ на одной поднесущей состоит из 2, 4 или 6 битов. В стандартной символьной скорости префикса будет 14000 символов / с, что соответствует, в FDD-дуплекс, совокупная ставка от 28 до 84 кбит / с на поднесущей. Сигнал от полосы 20 МГц содержит блок ресурсов 100 или 1200 поднесущих, что дает общую суммарную скорость канала 33,6 100,8 Мбит / с.

Характеристики LTE определить несколько фиксированных значений ширины входной и выходной каналы между базовой станцией и SS (в сети EUTRA). С OFDM быстрого преобразования Фурье (БПФ), количество поднесущих формальный содействие цифровой обработки сигналов должны быть кратным $N = 2n$ (т.е. 128, 256, ..., 2048). Частота отбора проб должна быть $F_s = F \cdot N$. Учитывая стандартные значения, это несколько 3,84MGts - стандартная технология частота дискретизации в WCDMA. Это очень легко создавать устройства мульти-режим, которые поддерживают как WCDMA, LTE и. Конечно, формирование амплитуды сигнала из «дополнительных» поднесущих (в том числе в центральный канал поднесущей) считаются равными нулю.

					<i>11070006.11.03.02.609.ПЗВКР</i>	Лист
						27
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

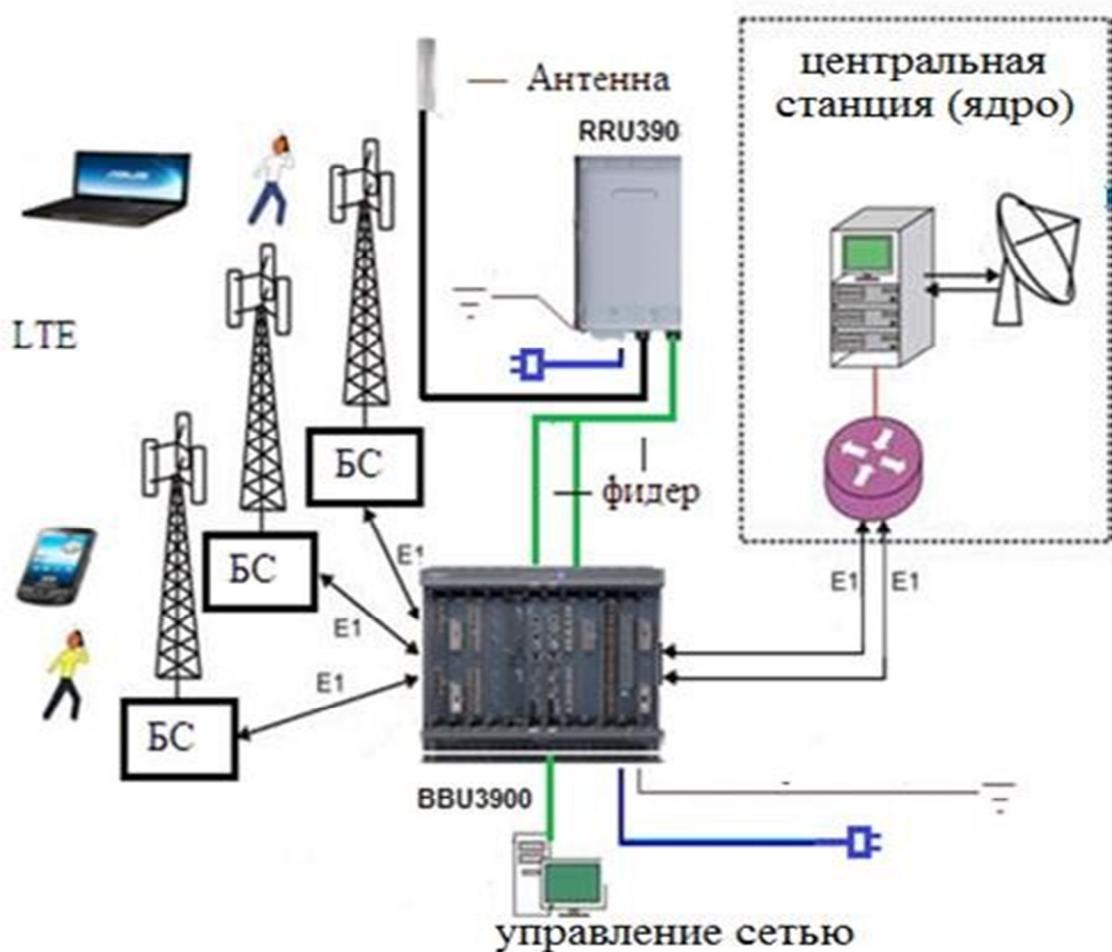


Рисунок 1.7 - Структура сети LTE

Подсистема радио LTE на основе будет лежать несколько стандартных BTS, мультистандартный радиомодуль, состоящий из SDR (MC-TRX, MCRRH) и блока управления BBU.

Модуль управления, или «мозги» прекращает движение от контроллера и управления радио. Это коммерческий продукт, например, Alcatel-Lucent является модуль WCDMA / LTE d2U, который может быть установлен в любом 19"стойку.

Радио - это программное обеспечение радио, то есть устройство, которое может работать одновременно с несколькими стандартами с несколькими технологиями радиointерфейса для передачи. В частности, для макро-BTS, стандартный приемопередатчик ТРДУ, для расширения "radiogolov" так называемый, RRH-модуль.

В одной клетке, при необходимости, может одновременно работать GSM и LTE, используя один модуль МСРА (Multi-Carrier усилитель мощности).

Особенности технологии радиointерфейса LTE:

- Использование технологии OFDM в нисходящей линии связи и SC-OFDM в восходящей линии связи:

- Динамическое распределение частот / времени блоков для каждого пользователя.
- Использование технологии MIMO.
- Масштабируемость полосы пропускания.
- Работа в разных диапазонах частот (800, 1800, 2100, 2300, 2600).

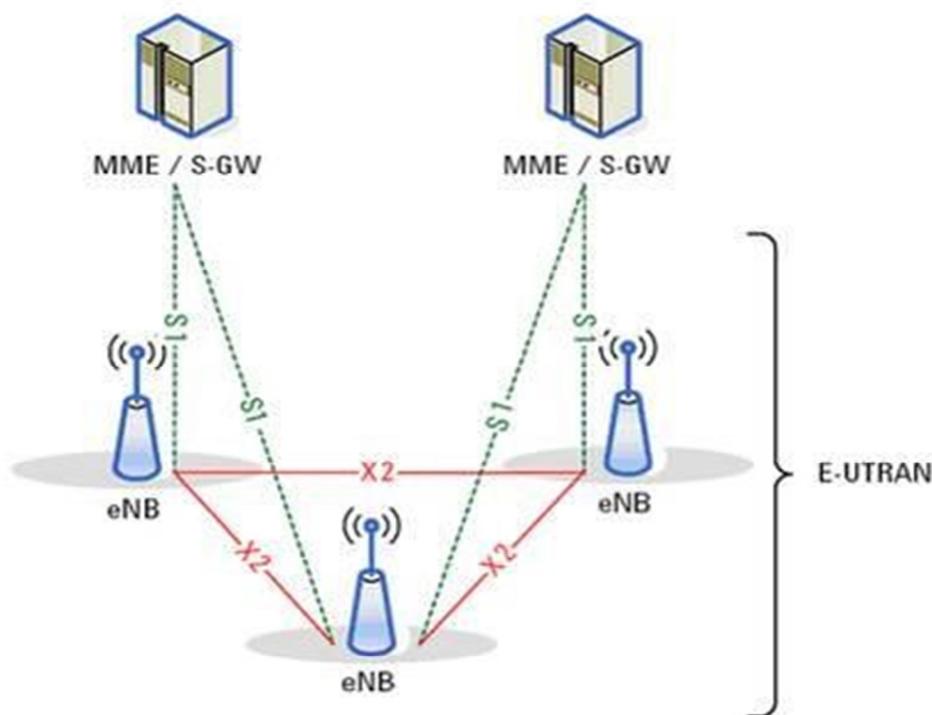


Рисунок 1.8 - Архитектура радиосистемы LTE

1.4.3 Сравнение LTE с технологией WIMAX

Следующим шагом в эволюции систем 3GPP, причем стратегическим шагом, являются системы Long Term Evolution (LTE). Их отличает технология OFDMA в нисходящем канале и SC-FDMA — в восходящем. Модуляция — до

64-QAM. ширина канала — до 20 МГц, дуплексирование TDD и FDD. Применены адаптивные антенные системы, гибкая сеть доступа.

Таблица 1.1 - Сравнение систем HSPA (релизы 7 и 8) и WiMAX(релиз 1.5)

Параметры	HSPA			WiMAX	
	Релиз 7	Релиз 8	Релиз 1,5		
Версия	Релиз 7	Релиз 8	Релиз 1,5		
Диапазон, ГГц	2,0	2,5	-		
Дуплексирование	FDD	FDD	TDD		
Ширина канала, МГц	2×5	2×5	10		
Антенны БС	1×2	2×2	2×2		
Антенны АС	-	1×2	1×2		
Модуляция и скорость кодирования					
В нисходящем канале	64-QAM,5/6	16-QAM,3/4	64-QAM,5/6	64-QAM,5/6	
В восходящем канале	-	16-QAM,3/4	-	64-QAM,5/6	
Пиковая скорость, Мбит/с					
В нисходящем канале	17,5	21	35	36	48
В восходящем канале	8,3	8,3	8,3	17	24

Сетевая архитектура полностью IP-сеть. В системе LTE используются технологии и методы, уже применяемые в мобильном WiMAX, поэтому следует ожидать схожей эффективности систем LTE .

Таблица 1.2 - Сравнение параметров реальных систем LTE

Параметры	LTE			WIMAX	Релиз 1,5
	Motorola	T-Mobile		Qualcomm	
Нисходящий канал	нет данных				
Антенна БС	2×2	4×4	4×2	2×2	4×4
Модуляция и скорость кодирования	64-QAM,5/6		64-QAM,5/6	64-QAM,5/6, нет данных	64-QAM,5/6
Скорость, Мбит/с	117	226	114	277	289
Восходящий канал	нет данных				
Антенна АС	1×2		1×2		1×2
Модуляция и скорость кодирования	64-QAM		16-QAM		61-QAM,5/6
Скорость, Мбит/с	50,1		75		69,1

Обратите внимание, что система LTE является революционным улучшением 3G. LTE является переход от систем CDMA к OFDMA, и переход к полной ИС с коммутацией пакетов системы. Таким образом, реализация этой технологии на существующих сетях сотовой связи, по крайней мере, потребность в новых ресурсах радио, чтобы получить преимущества широкого канала. Кроме того, для обеспечения обратной совместимости двойной режим абонентские устройства не требуется. Таким образом, плавный переход от 3G к LTE систем является проблематичным.

Таблица 1.3 - Сравнение ключевых параметров LTE и WiMAX

	LTE	WiMAX	Релиз 1,5
Дуплексирование	FDD и TDD	FDD и TDD	
Частотный диапазон для анализа	2000 МГц	2500 МГц	
Ширина канала	До 20 МГц	До 20 МГц	
От базы	OFDM A	OFDMA	
К базе	SC-FDMA	OFDMA	
Спектральная эффективность, бит/Гц/с			
Нисходящий канал, MIMO(2×2)	1,57	1,59	
Восходящий канал, SIMO(1×2)	-	0.99	
Максимальная скорость мобильной станции, км/ч	350	120	
Длительность кадра, мс	1	5	
Антенные системы	-		
Нисходящий канал	2×2, 2×4, 4×2, 4×4	2×2, 1×4, 4×2, 4×4	
Восходящий канал	1×2, 1×4, 2×2, 2×4	1×2, 1×4, 2×2, 2×1	

Дальнейшее развитие мобильного WiMAX будет описывать спецификации версии 2.0. Она будет основана на стандартной IEEE 802.16m, который отражает требования IMT-Advanced. В соответствии с ними, по сравнению с параметрами WiMAX Release 1.0 в два раза увеличение спектральной эффективности нисходящем (2,6 бит / с / Гц) и восходящей линии

связи (1,3 бит / с / Гц) каналов. Этот параметр будет удвоить границу клеток и базы - 0,09 и 0,05 бит / с / Гц для нисходящего и восходящего каналов, соответственно. Будет возможность более чем 60 одновременных сессий голосовой МГц для голосовой кодек AMR (12,2 кбит / с). Вы увидите режим расширения канала путем интеграции отдельных частотных полос, как рядом, или нет (до 100 МГц). Допустимая скорость движения мобильных терминалов вырастет до 500 км / ч. Уменьшите время соединения, радиосети и общее время задержки при переключении передачи. Это гарантирует полную совместимость с WiMAX Release 1.0 и 1.5. WiMAX и LTE.

Преимущество спектральной эффективности является выигрыш в стоимости развертывания сети (в том числе конкретного значения по отношению к пропускной способности). Кроме того, увеличение пропускной способности канала, что позволяет операторам внедрять дополнительные услуги. Mobile WiMAX является гладкой сети IP-основе, LTE сети является более сложной (рисунок 1.9).

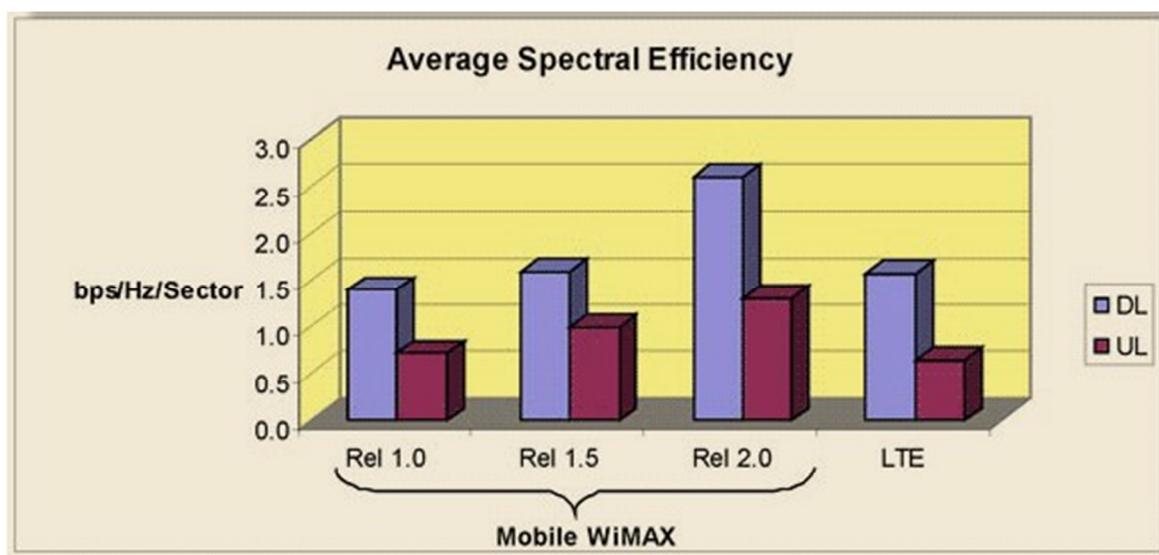


Рисунок 1.9 - Сравнение средней спектральной эффективности

Если сеть WiMAX полностью основана на IP-протоколов IEEE, LTE сеть более комплексна, и включает в себя несколько протоколов, в том числе

В современных системах учитывать возможные условия распространения радиоволн канала связи и адаптировать к ней, выбрав наиболее подходящий схемы модуляции и кодирования (MCS схемы модуляции и кодирования). Квадратурная амплитудная модуляция QPSK / 16QAM / 64QAM могут быть объединены с помехоустойчивого кодирования с разными скоростями.

В LTE 29 доступных схем MCS, выбирает тот, который в этих условиях распространения максимизирует пропускную способность.

Точность настройки на канал, в зависимости от соотношения сигнал / шум составляет 1,2 дБ. Высокий сигнал соотношение / шум может быть использован скорости кодирования близка к 1. В схемах WiMax номер MCS несколько раз меньше, точная настройка канала грубой - 2-3 дБ.

На любой сети поддерживается процедура управления мощностью передатчика абонентских станций. Алгоритм выбора мощности пользовательских сигналов должен быть установлен таким образом, что уровни сигналов различных пользователей, полученные на входе приемника базовой станции при соотношении сигнал / шум, равно определенному порогового значения. Это алгоритм используется в WiMax.

В LTE применяется модифицированный алгоритм - частичный контроль мощности FPC (фракционный управления питанием). Пороговое отношение сигнал / шум: UE ближе к базовой станции, тем выше отношение сигнал / шум в качестве меры управления мощностью.

Следовательно, вблизи базовой станции UE работает с высоким отношением сигнал / шум, более высокой скорости кодирования и множества модуляции, и, следовательно, с более высокой спектральной эффективности. Кроме того, работая с высокой мощностью, UE может справиться с внутри-помех - для подавления помех соканальный.

Кроме того, каждая базовая станция контролирует LTE помехи от соседних ячеек. Базовые станции взаимодействуют периодически перегружать индикатор ОI (индикатор перегрузки), указывает, какой блок ресурсов уровень

					<i>11070006.11.03.02.609.ПЗВКР</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		35

шума превышает порог. Индикатор О.И. формируется путем измерения базовой станции и помех уровни фонового шума для каждого частотного блока в клетке. Параметры управления мощностью устанавливаются в зависимости от полученной О.И.: если какой-либо блок показывает высокий уровень помех, базовая станция передает команду уменьшить мощность UE, излучая в данном ресурсном блоке (рис 1.11).

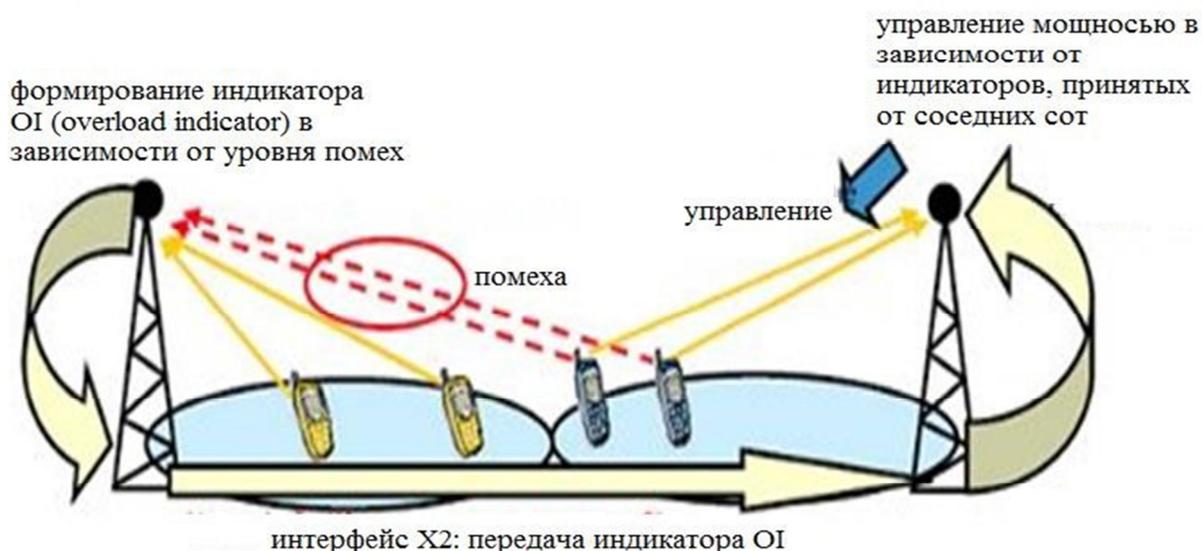


Рисунок 1.11 - Управление мощностью соседней базовой станции

В LTE сети коэффициент повторного использования частоты 1, т.е. все базовые станции, работают на одной несущей. Интерференция в системе сведена к минимуму за счет использования гибкого плана частот, координации помех между сотами.

Следует отметить, что технология LTE была стандартизирована два года позже WiMax. Кроме того, за два года вышли новые процессоры, разработаны новые эффективные алгоритмы обработки сигналов, что позволило реализовать LTE на основе самых передовых технологий.

После выхода очередного выпуска технологии LTE, скорее всего, снова поменялись. Так может продолжаться до бесконечности. И тогда решающие факторы будут маркетинговые усилия и регулирование (наличие частотных ресурсов и лицензирования операторской деятельности).

					<i>11070006.11.03.02.609.ПЗВКР</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		36

2 ВЫБОР ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ СЕТИ LTE

2.1 Выбор производителя оборудования

Будущие жители и предприниматели микрорайона «Радужный» планируют посещать веб-страницы в интернете с помощью своих сотовых телефонов, скачивать музыку, фильмы, быть всегда мобильными и при этом иметь высокую скорость доступа. При всем этом, это не должно мешать другим пользователям голосовой связи, которые будут пользоваться так же услугами GSM и 3G. Один из имеющихся технологий для оказания этих услуг с минимальным оборудованием доступа и оборудования транспортной сети - это, безусловно, LTE. Эта технология позволяет оператору минимизировать первоначальные инвестиции и защиту инвестиций, что делает его легко масштабировать решение для дальнейшего увеличения числа абонентов. В моей работе для предоставления таких услуг в данном городе планируется внедрение трех базовых станций.

Производством оборудования для систем LTE в настоящее время заинтересовывается все больше компаний по всему миру. Большой спрос на беспроводное оборудование и развития современных технологий привело к появлению широкого спектра оборудования, которые отличаются в задачах, которые она должна решать, и на его стоимости. Таким образом, выбор оборудования, рассмотреть перспективный беспроводное оборудование доступа производства компании Huawei.

2.2 Решение компании Huawei по широкополосному радиодоступу

2.2.1 Обзор оборудования

DBS3900 это распространяется базовая станция с использованием платформы BTS компании Huawei. В базовой станции системы мобильной связи, включает в себя DBS3900 обработки основной полосы частот (BBU) и удаленное устройство радиосвязи (RRU).

					<i>11070006.11.03.02.609.ПЗВКР</i>	Лист
						37
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

В DBS3900 используется внешний радиочастотный модуль, который отвечает требованиям сетей с точки зрения расширения мощностей, гибкость установки и модернизации.

RRU3004 между блоками и используется BBU3900 интерфейса CPRI, который обеспечивает соединение двух модулей с использованием оптических кабелей. Это может значительно снизить затраты на создание автозала, установку и эксплуатацию оборудования. Реализация DBS3900 с распределенной BTS ускорит развитие сетей мобильной связи, обеспечит большую совместимость с другими сетями также позволяют использовать широкополосных технологий.

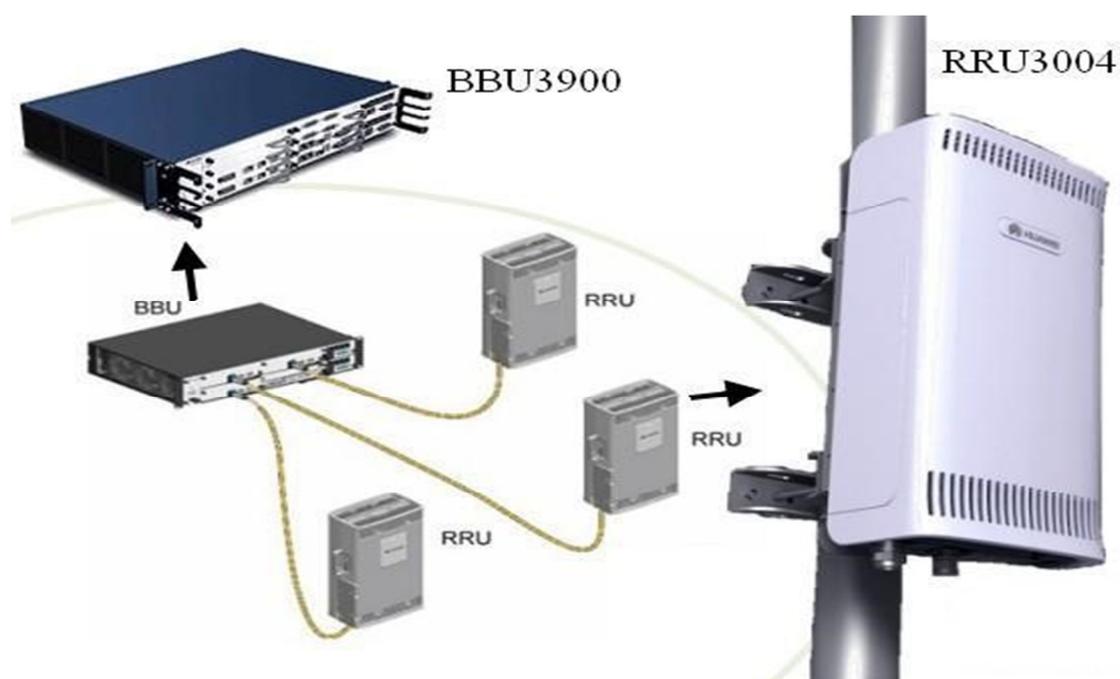


Рисунок 2.1 – Блоки BBU3900 и RRU3004 базовой станции DBS3900 LTE

BBU3900 блок обработки полосы для установки внутри помещений, что обеспечивает централизованное управление эксплуатации и технического обслуживания, а также обработки сигналов всей системы базовой станции и предоставляет ссылку синхронизации. Кроме того, физический блок имеет интерфейсы для связи с КБС и RRU3004. BBU3900 установить в статье 2 U

					<i>11070006.11.03.02.609.ПЗВКР</i>	Лист
						38
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

высоты и ширины 47,5 см. Это может быть указано в статье 19 "или монтируется на стене.

Дополнительные сборки устанавливаются BBU3900 обеспечения мониторинга состояния окружающей среды, мониторинг Abis интерфейс и сигналы синхронизации GPRS. BBU3900 компактное оборудование легко установить. Он потребляет небольшое количество энергии, и предоставляет полный спектр услуг.

RRU3004 - удаленное устройство радиосвязи. Обработка сигнала обеспечивает основные частоты и радиочастотного сигнала. Один RRU3004 служит два трансивера. Если установлены два модуля памяти в RRU3004 podstative RRU3004, они выполняют функцию четырех приемопередатчиков.

RRU3004 характеризуется малым весом и легкостью монтажа. RRU3004 подраздел может быть установлен на стальной мачте, на стене или бетонном основании.

2.2.2 Сценарии применения DBS3900

Позволяет гибкое сочетание модулей и RRU3004 BBU3900, в зависимости от фактических потребностей.

ВВU:

- В помещении
- Устанавливается на стене или в статье 19 ", подраздел RRU3004, АРМ или OFB.

РСР:

- Внутри снаружи
- Распространяется освещение в городских районах, на автомагистралях и железных дорог

2.2.3 Характеристики DBS3900

DBS3900 имеет следующие преимущества в предоставлении покрытий:

- RRU3004 поддержка каскадное соединение из трех модулей RRU. Один модуль РСР устанавливается на расстоянии 40 км от ВВU.

					<i>11070006.11.03.02.609.ПЗВКР</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		39

- Статический канал Чувствительность ТКП / ФС -113 дБм (типовое значение при нормальной температуре).
- RRU3004 поддержка технологии RRU3004.
- Максимальная выходная мощность 40 Вт RRU3004 (900М) или 30 Вт (1800м).
- Максимальная конфигурация до 12 клеток и поддерживать сеть мульти-зоны.
- Поддержка распределенной передачи и «Антенна» прыжковой.

BBU3900 поддерживает 72 трансивер.

Возможность сети

E1 / T1, оптический ИП, поддержка микроволновой печью и спутниковой передачи.

Поддержка топологий: звезда, дерево, цепи, кольца и смешанных топологий.

GSM и UMTS можно использовать BBU3900.

Оптимизированная передача с помощью интерфейса Abis. Поддержка обнаружения и восстановления свободных пакетов BTS и BSC.

Когда система находится в режиме синхронизации, только внутренний система вибрации может работать непрерывно в течение семи дней.

Поддержка различных режимов синхронизации: поддержка синхронизации с сигналом, извлеченного из интерфейса Abis, поддержка синхронизации с GPS, синхронизация с внешними мощность 2 МГц BITS.

RRU3004 работает в 1800 МГц и 900 МГц.

BBU характеризуется высокой приспособляемости к условиям окружающей среды:

Диапазон рабочих температур: -20 ° С ~ + 55 ° С

					<i>11070006.11.03.02.609.ПЗВКР</i>	Лист
						40
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

BBU может работать в широком диапазоне рабочих напряжений: -38,4 В постоянного тока ~ -57 В постоянного тока (номинальное напряжение -48 В постоянного тока).

Поддержанные питания преобразует 220 В переменного тока в -48 В постоянного тока для BBU



Рисунок 2.2 – Блок обработки базовых частот BBU

RRU - оборудование способно работать в различных условиях окружающей среды.

RRU закрыл интегрированный дизайн. Гидроизоляция соответствует стандарту (IP65). Меры защиты от влаги, плесени и соленые брызги Знакомства класса 1 спецификации.

Диапазон рабочих температур РСР: -40 ° С ~ + 50 ° С

RRU может работать в широком диапазоне рабочих напряжений: -36 В постоянного тока ~ -57 В постоянного тока (номинальное напряжение -48 В постоянного тока).

Поддержанные питания преобразует 220 В переменного тока в -48 В постоянного тока для УРБ.

Поддержка антенн дистанционного электрический наклон (RET).

Использование RET антенны позволяет настроить сетевое покрытие, регулируя угол антенны avtozale. В то же время экономить расходы на эксплуатацию и техническое обслуживание.

					<i>11070006.11.03.02.609.ПЗВКР</i>	Лист
						41
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Поддержка антенн с двойной поляризацией, тем самым уменьшая количество антенн в клетке. Поддержка AISG1.1 2.2.4 Преимущества базовой станции Huawei DBS3900 - Быстрое развертывание сети

Разделение BBU и RRU, компактный дизайн и распределенной установки можно сэкономить пространство на сайте и установить BBU и RRU практически в любом месте.

Распределенная установка также обеспечивает простоту транспортировки и быстрого развертывания сети.

- Бюджетный

BBU может быть установлен в любом месте на стене или на бетонном основании. Кроме установлен внутри BBU BTS или передающие устройства в системе электропитания, при монтаже на открытом воздухе.

Установлен RRU вблизи антенн. Это позволяет избежать затрат на приобретение и монтаж кабелей и фидеров.

- Высокая надежность

Каждый PCP обеспечивает два высокоскоростных порта CPRI для совместимости BBU и RRU в кольцевой топологии. Один дополнительный порт CPRI обеспечивает резервное связь между BBU и RRU.

В одном podstative можно установить два модуля RRU3004 поддерживать распределенной передачи предоставляют больше возможностей и большее количество носителей. При отказе одного из рабочих модулей RRU3004, обеспечивает резервное копирование услуг в клетке.

- Работа MS высокие скорости

DBS3900 обеспечивает мобильные станции на высоких скоростях транспорта (поезда, автомобили, и т.д.), до 400 км / ч.

DBS3900 поддерживает эволюцию от GERAN к LTE.

DBS3900 работает на BTS и единая платформа обеспечивает эволюцию от 2G к 3G.

					<i>11070006.11.03.02.609.ПЗВКР</i>	Лист
						42
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

3 РАСЧЕТ И ПЛАНИРОВАНИЕ СЕТИ

Сеть 4G не похожа на сети других технологий и функционирует как единый организм. На практике три основных параметра сотовой сети, а именно покрытие, качество и емкость, в системе 4G взаимосвязаны и влияют друг на друга. Таким образом, операторы имеют возможность обеспечения, оптимальным обслуживанием заданной территории, варьируя параметры сети. Все это, вероятно, достаточно сложно для неспециалистов и весьма непривычно для специалистов в области более привычных технологий. И это закономерно вызывало и вызывает на первых порах со стороны последних настороженное отношение.

Исследование функциональной зависимости от параметров сети.

Бюджет предназначен, чтобы сделать необходимые расчеты: принятие немного энергии в тепловых шумах и помех плотности на основе передатчика усиления мощности передающих и принимающих антенн, смысл принятой шума, пропускной способности канала, а также в распространении сигнала и помех окружающей среды.

Расчет бюджета должна проанализировать канал трафика прямых и обратных связей, пилот - канал, канал вызова и канал синхронизации.

Пакет GSM-1800 включает в себя полосы частот 1710-1720 МГц и 1805-1815 МГц (в общей сложности 20 МГц). В настоящее время все сотовые GSM операторы России предоставляют услуги мобильной связи в стандарте GSM-900.

3.1 Расчет ожидаемой дальности связи

Произведем расчет дальности связи между антенной базовой станции и точками доступа. Оценим ожидаемую дальность связи БС и абонентскими устройствами системы LTE на территории микрорайона.

Исходные данные для расчета:

а) блок БС:

1) мощность передатчика – 200 мВт;

					<i>11070006.11.03.02.609.ПЗВКР</i>	Лист
						43
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- 2) минимальный порог уровня на входе приемника – 75 дБм;
 - 3) средняя частота приема и передачи – 2,5 ГГц;
 - 4) затухание в фильтрах и антенных разделителях – 7 дБ;
 - 5) диаграмма направленности антенны – 120°;
 - 6) коэффициент усиления антенны БС – 6 дБ;
 - 7) высота расположения антенны – 30 м;
- б) блок фиксированного абонентского доступа:
- 1) диаграмма направленности – 6,1°;
 - 2) коэффициент усиления антенны – 2 дБм;
 - 3) высота приемной антенны – от 2 до 10 м;
 - 4) напряженность поля, при которой обеспечивается достаточное качество приема, равна – 50 дБ.

Определим зону покрытия одной БС. Данная методика расчета основана на данных о распространении радиоволн над среднепересеченной местностью. В расчете приведены кривые распространения радиоволн, которые положены в основу метода расчета (рисунок 3.1).

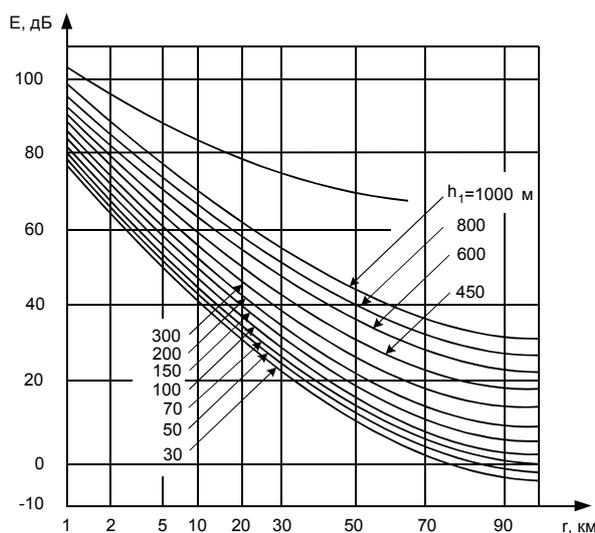


Рисунок 3.1 – Кривые распространения радиоволн над поверхностью земли в городской зоне

Данные кривые построены при использовании передатчика мощностью 1 кВт, который создает в пунктах приема на расстоянии r , напряженность поля E , соответствующие пересечению вертикали с кривой высоты, передающей антенны. Но реальные характеристики передатчиков отличаются от принятых в кривых, поэтому вводятся поправочные коэффициенты, а общая расчетная формула имеет вид:

$$E = E_C + B_{P.H.} + B_\phi + B_{h2} + B_{PEЛ} + (\Pi^*l) - D_{BC} - D_{AY} + B_0, \quad (3.1)$$

где E_C – напряженность поля сигнала, необходимая для получения заданных показателей. E_C заданна из технической документации к оборудованию, $E_C=60$ дБ;

$B_{P.H.}$ – поправка учитывающая отличие номинальной мощности передатчика от мощности 1 кВт, принятой для кривых, дБ;

B_ϕ – затухание в резонаторных, мостовых фильтрах и антенных разделителях, дБ. $B_\phi=7$ дБ;

B_{h2} – поправка, учитывающая высоту приемной антенны, дБ;

$B_{PEЛ}$ – поправка, учитывающая рельеф местности, дБ;

$\alpha \cdot l$ – затухание в фидере передающей и приемной антенной, дБ. В данном типе оборудования не используется, т.к. соединение с блоком BC происходит с помощью цифровой соединительной линией HDSL;

D_{BC} – коэффициент усиления антенны BC, $D_{BC}=18$ дБ;

D_{AY} – коэффициент усиления антенны абонентского оборудования, $D_{AY}=7$ дБ;

B_0 – поправка, учитывающая уменьшение восприимчивости к помехам по сравнению с четвертьволновым штырем, дБ. Определим поправку $B_{P.H.}$ последующей формуле (3.2):

					<i>11070006.11.03.02.609.ПЗВКР</i>	Лист
						45
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$B_{P.H} = 10 \cdot \lg\left(\frac{1000}{P_H}\right) = 10 \cdot \lg\left(\frac{1000}{0,2}\right) = 37, \text{ дБ} \quad (3.2)$$

где P_H – номинальная мощность передатчика, $P_H=200$ мВт.

Определим поправку B_{h_2} , учитывающую высоту приемной антенны отличную от 1,5 м, по формуле (3.3):

$$B_{h_2} = 10 \cdot \lg\left(\frac{1,5}{h_2}\right) = 10 \cdot \lg\left(\frac{1,5}{10}\right) = -8,2, \text{ дБ} \quad (3.3)$$

где h_2 – высота приемной антенны, $h_2=10$ м.

Поправка, учитывающая реальный рельеф местности $B_{\text{рел}}$ в зоне действия системы радиодоступа, определяется следующим образом. Графики зависимости дальности связи от напряженности поля при различных высотах передающих антенн БС составлены на основании обработки статистической информации об изменениях в условиях среднепересеченной местности. Среднепересеченной считается такая местность, на которой среднее колебание отметок высот на расстоянии 10 – 15 км от БС не превышает 50 м. График для определения рельефа местности, приведен на рисунке 3.2. Для определения колебания уровня местности Δh , рисуют рельеф местности и определяют колебание Δh . Когда Δh отличается от 50 м в ту или иную сторону, следует вносить поправки, определяемые по графикам рисунка 3.2 для $r < 100$ км. Антенна БС системы LTE имеет секторную конструкцию, один сектор имеет зону охвата 120° , т.о. для охвата зоны в 360° используется 3 сектора. Дальность связи на каждом секторе определяется из рельефа местности, наличия строений, или других препятствий для прохождения сигнала в прямой видимости.

Определим поправку $B_{\text{рел}}$ для каждого сектора с учетом рельефа и строений. Первый сектор. В зоне радиоохвата преобладают пяти этажные здания на расстоянии до 5 км. Таким образом поправка $\Delta h_1=27$ м. Поправка на

					<i>11070006.11.03.02.609.ПЗВКР</i>	Лист
						46
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

рельеф $V_{\text{рел}} = -2,5$ дБ. Второй сектор. Зона радиоохвата характеризуется наличием деревьев высотой до 10 м. Поправка $\Delta h_2 = 35$ м. Поправка на рельеф $V_{\text{рел}} = -2$ дБ. Третий сектор. Зона радиоохвата характеризуется двух этажными домами. Поправка $\Delta h_3 = 15$ м. Поправка на рельеф $V_{\text{рел}} = -4$ дБ (рисунок 3.2).

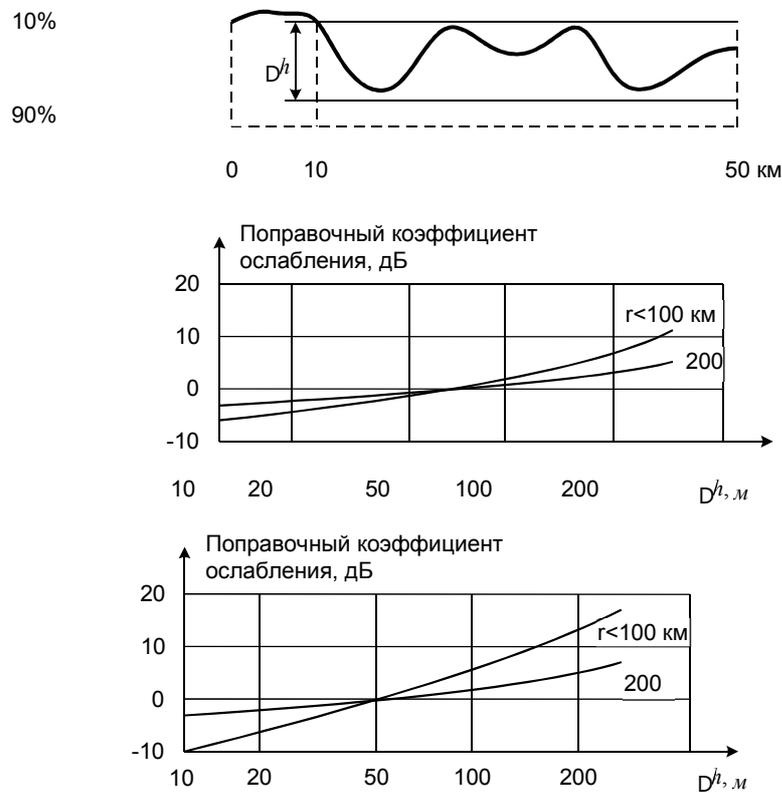


Рисунок 3.2 – Графики учитывающие поправки рельефа местности

Рассчитаем поправку ΔV_{θ} , учитывающую уменьшение восприимчивости к помехам по сравнению с четвертьволновым штырем по формуле (3.4):

$$\Delta V_{\theta} = 10 \cdot \lg\left(\frac{\theta_E}{360}\right) = 10 \cdot \lg\left(\frac{6,1}{360}\right) = -17,7, \text{ (дБ)} \quad (3.4)$$

где θ_E – угол диаграммы направленности принимающей антенны,
 $\theta_E = 6,1^\circ$

									Лист
									47
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	<i>11070006.11.03.02.609.ПЗВКР</i>				

Подставляя значения в формулу 3.1 определим напряженность поля, создаваемое, передающей базовой станцией (БС) в пункте приема абонентской станцией для каждого сектора:

Первый сектор

$$E = 60 + 37 + 7 - 8,2 - 2,5 - 6 - 2 - 17,7 = 67,6(\text{дБ})$$

Второй сектор

$$E = 60 + 37 + 7 - 8,2 - 2 - 6 - 2 - 17,7 = 67,1(\text{дБ})$$

Третий сектор

$$E = 60 + 37 + 7 - 8,2 - 4 - 6 - 2 - 17,7 = 62,6(\text{дБ})$$

По полученным значениям напряженности поля, создаваемое БС в пункте приема определим дальность связи для каждого сектора. Дальность связи определяется по графику распространение радиоволн над поверхностью земли в городской зоне изображенном рисунке 3.1. Т.о. дальность связи для каждого сектора составляет:

- первый сектор: $E=67,6$ дБ, дальность связи составляет 1,9 км;
- второй сектор: $E=67,1$ дБ, дальность связи составляет 2 км;
- третий сектор: $E=62,6$ дБ, дальность связи составляет 2,4 км;

Сравнивая полученные данные дальности связи можно определить что, средняя дальность связи составляет 2 км.

3.2 Расчет радиуса зоны обслуживания

Определившись со значением радиуса ячейки ($R=2$ км), производим размещение базовых станций на карте города. При этом учитываем, чтобы

					<i>11070006.11.03.02.609.ПЗВКР</i>	Лист
						48
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

размещение секторов было эффективным. То есть делим частотный ресурс на 3 (т.к. на одну базовую станцию будет устанавливаться по три сектора) и разносим их диаграммы направленности так, чтобы сектора с работающие на одинаковых частотах не создавали друг другу помех.

В результате было установлено пять базовых станций. Районы, покрытые сетью LTE, рассматриваются как наиболее перспективные в плане пользования абонентами высокоскоростными услугами.

В приложении А показано расположение базовых станций на карте города.

Оценим зону покрытия сетью. Для расчета площади покрытия применяется следующая формула:

$$S = \frac{3}{2} \sqrt{3} \cdot R^2 \quad (3.5)$$

Рассчитаем площадь зоны покрытия одним сектором по формуле (3.5):

$$S_{сек} = \frac{3}{2} \sqrt{3} \cdot 2^2 = 10,392 \text{ км}^2$$

Тогда площадь зоны покрытия всех БС можно рассчитать по формуле:

$$S = 3 * N_{BS} * S_{сек} \quad (3.6)$$

где N_{BS} - количество базовых станций LTE. Площадь зоны покрытия 5 БС составит:

$$S = 3 * 5 * 10,392^2 = 150,528 \text{ км}^2$$

					<i>11070006.11.03.02.609.ПЗВКР</i>	Лист
						49
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

3.3 Количество ожидаемых абонентов

В качестве потенциальных абонентов рассматривается возрастная группа от 15 до 75 лет, которая, как правило, составляет 75% от всего населения. Базовые станции LTE мы установим в центре микрорайона «Радужный» где расположены различные административные центры, учреждения и предприятия, которые являются наиболее частыми абонентами сотовой связи и будут пользоваться услугами нового поколения 4G LTE.

Число абонентов мы будем вычислять, учитывая процент потенциальных пользователей услуг LTE из числа людей, пользующихся сотовой связью по формуле (3.8):

$$N_i = N_{nno} * N_{nno} \quad (3.8)$$

В центре района, где находятся администрация района, почта, больница и две школы, примерно 8000 абонентов, подставляя в формулу (3.8) 80% потенциальных абонентов, находим:

$$N_y = 8000 * 0.8 = 6400 \text{ (абонентов)}$$

На остальных улицах района проживает примерно, около 4000 человек. Тогда подставляя в формулу (3.8) 80% потенциальных абонентов, находим:

$$N_c = 4500 * 0,8 = 3600 \text{ (абонентов)}$$

В среднем потенциальное число абонентов новой технологии LTE в микрорайоне «Радужный» будет:

$$\sum N = 6400 + 3600 = 10000 \text{ (абонентов)}$$

					<i>11070006.11.03.02.609.ПЗВКР</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		50

3.4 Расчет трафика пакетной передачи данных

3.4.1 Трафик передачи данных

На сегодняшний день в центре микрорайона «Радужный» потенциальное число абонентов составляет 10000 человек. из них 30% абонентов технологии передачи данных на сети , что составляет 3000.

$$C_i = N_{аб} * F_i * O * T \quad (3.9)$$

где С – создаваемая нагрузка

$N_{аб}$ – число абонентов определенного трафика

F – скорость доступа для абонентов при определенном виде передачи

O – процент абонентов на линии – 40%

T - процент абонентов одновременно посылающих/принимающих трафик – 20%

Расчет для 3000 пользователей ШПД (количество пользователей на конец 2015 года)

Создаваемая нагрузка:

$$C_{нд} = 3000 * 512 \text{ Кбит/с} * 0,4 * 0,2 = 122,88 (\text{Мбит/с})$$

Пиковая нагрузка вычисляется, учитывая коэффициент загрузки $k=1.33$:

$$P_i = C * k \quad (3.10)$$

Подставляя значение скорости в формулу (3.10), получаем:

$$P_{пн} = 122,88 \text{ Мбит/с} * 1,33 = 163,43 (\text{Мбит/с})$$

					<i>11070006.11.03.02.609.ПЗВКР</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		51

Полоса пропускания широкополосного доступа для 3000 абонентов принимает значение - 0,163Гбит/с

3.4.2 Речевой трафик

При одновременном разговоре всего предполагаемого количества абонентов – 10000 к концу 2017 года. в результате, получим требования к пропускной способности: Расчет на 10000 абонентов:

$$C_{реч} = 10000 * 64 \text{Кбит/с} = 640 (\text{Мбит/с})$$

Транспортный ресурс, который должен быть выделен для данной нагрузки:

$$T = 640 * 1,25 = 800 (\text{Мбит /с})$$

Где $k=1,25$ – коэффициент использования ресурса.

Введем поправочный коэффициент, используемый также при расчетах коммутации – 0,15 Erlang

$$P_{реч} = 800 \text{Мбит/с} * 0,15 = 120 (\text{Мбит/с})$$

Полоса пропускания для речевого трафика LTE для 10000 абонентов, таким образом, принимает значение – 0,120 Гб/с.

3.4.3 Видео трафик

Для скачивания видео необходимо 2 Мбит/с Видео по запросу:

Число пользователей видео-сервиса – 10% от числа подписчиков

					<i>11070006.11.03.02.609.ПЗВКР</i>	Лист
						52
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Число пользователей видео по запросу – 10-20% от общего числа пользователей видео сервиса, возьмем среднее значение – 15 % Полоса пропускания для 3000 абонентов LTE:

$$3000 \cdot 0,1 \cdot 0,15 \cdot 2 \text{ Мбит /с} = 90 (\text{Мбит /с})$$

Видео трафик равен

Подводя итог, находим суммарный трафик для сети:

10000 абонентов голосового трафика, 3000 абонентов широкополосного доступа.

$$\Sigma P = 0,163 \text{ Гбит /с} + 0,12 \text{ Гбит /с} + 90 \text{ Мбит /с} = 0,292 (\text{Гбит /с})$$

Из этого следует, что 3 сектора на одной базовой станции будет достаточно.

3.4.4 Оценка речевого трафика в сети LTE

Речевой трафик не является основным для сети LTE. Поэтому количество абонентов возьмем небольшим.

На основании вышесказанного потенциальное количество абонентов имеющих потребность в услугах предоставляемых сетями четвертого поколения будет 10000 абонентов

Рассчитаем число одновременно говорящих абонентов

$$A = A_{\text{cp}} \cdot N_{\text{аб}} \quad (3.11)$$

где: $A_{\text{cp}} = 0,05$ Эрл – нагрузка одного абонента в час наибольшей нагрузки;

$N_{\text{аб}} = 3000$ – количество абонентов

					<i>11070006.11.03.02.609.ПЗВКР</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		53

$$A = 0,05 \cdot 3000 = 150 \text{ (Эрл)}$$

У нас получилась нагрузка 150 Эрл, она эквивалентна 150 одновременно разговаривающим абонентам ($N_{од} = 150$ человек).

Данная нагрузка является незначительной по сравнению с пропускной способностью одной базовой станции.

3.4.5 Оценка трафика данных в сети LTE

В качестве примера оценки трафика данных рассмотрим параметр, который является определяющим для расчета пропускной способности телекоммуникационных сетей — средняя нагрузка в ЧНН на одного абонента сети.

На начальном этапе развития сетей величина параметра составляет $y_0 \geq 25$ мЭрл и, согласно статистическим данным по абонентскому трафику действующих сетей, по мере их развития, роста числа абонентов наблюдается ее снижение со средней интенсивностью 1 – 1,5 мЭрл в год до величины примерно 14 — 15 мЭрл.

Расчет проведен на основании параметров, для следующих исходных данных:

- среднее число вызовов в ЧНН на одного абонента сети для передачи речевых сообщений C_{cp} (выз./час) - 0,7;
- среднее число вызовов в ЧНН на одного абонента сети для передачи данных $C \times_{cp}$ (выз./час) – 5,0;
- средняя длительность сеанса связи для речевого трафика t_{cp} (с) – 90;
- средний объем сообщений при передаче данных I_{cp} (кбит) – 10000;
- средняя скорость передачи данных и радиоканале R (кбит/с) – 1024;

Средняя нагрузка в ЧНН на одного абонента сети по речевому трафику y_0 (мЭрл)

$$y_0 = C_{cp} t_{cp} / 3600 \tag{3.12}$$

					<i>11070006.11.03.02.609.ПЗВКР</i>	Лист
						54
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Подставляем значения в формулу (3.12):

$$y_0 = 0,7 \cdot 90 / 3600 = 0,0175 \text{ (м·Эрл)}$$

Средняя нагрузка в ЧНН на одного абонента сети по передаче данных $y_{\times 0}$ (мЭрл)

$$y_{\times 0} = C_{\times \text{cp}} t_{\times \text{cp}} / 3600 \quad (3.13)$$

Подставляем исходные данные в формулу (3.13):

$$y_{\times 0} = 5,0 \cdot 9,77 / 3600 = 0,0136 \text{ (м·Эрл)}$$

где $t_{\times \text{cp}}$ - средняя длительность передачи сообщений и вычисляется по формуле (3.14):

$$t_{\times \text{cp}} = I_{\text{cp}} / R \quad (3.14)$$

Подставив значения, средняя длительность передачи сообщений будет равна:

$$t_{\times \text{cp}} = 10000 / 1024 = 9,77 \text{ (с)}$$

Суммарное значение средней нагрузки в ЧНН на одного абонента сети Y_0 (мЭрл) вычисляется по формуле (3.15):

$$Y_0 = y_0 + y_{\times 0} \quad (3.15)$$

$$Y_0 = 0,0175 + 0,0136 = 0,0311 \text{ (м·Эрл)}$$

					<i>11070006.11.03.02.609.ПЗВКР</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		55

Средняя нагрузка в час наибольшей нагрузки на одного абонента сети по передаче данных получилась равной: $y \times_0 = 0,0311$ мЭрл.

Число абонентов трафика данных равно 10000, значит средняя нагрузка в сети по передаче данных будет равна:

$$Y \times_0 = y \times_0 N \quad (3.16)$$

где N – количество абонентов.

$$Y \times_0 = 0,0311 + 10^{-3} * 10000 = 0,311 \text{ (Эрл)}$$

Полученную нагрузку по каналу данных прибавим к числу одновременно говорящих абонентов и посчитаем суммарную нагрузку канала данных и речевого канала:

$$A \times = A + Y \times_0 \quad (3.17)$$

где A – число одновременно говорящих абонентов по речевому каналу.

$$A \times = 150 + 0,311 = 150,311 \text{ (Эрл)}.$$

					<i>11070006.11.03.02.609.ПЗВКР</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		56

3.5 Расчет по модели Окамура Хата

3.5.1 Определение затухания по модели Хата

Окамура модель основана на графическом представлении экспериментальных данных, полученных при измерении уровня сигнала Окамура в Токио (Япония). Очевидно, что такая модель неудобна для расчетов на компьютере. Для удобства ее реализации Хат предложил эмпирическую модель, описывающую графическую информацию, представленную Окамура. Таким образом, модель Хата, а также математическое обозначение на основе экспериментальных данных Окамура.

Существует 4 модели Хата: для открытой местности, пригорода, маленьких городков и больших городов. Эта модель применяется при частотах от 500 до 2000 МГц

Потери в свободном пространстве

Потери в тракте передачи можем вычислить по следующей формуле:

$$PL_{fs} = 32.45 + 20\log_{10}(f) + 20\log_{10}(d), (\text{дБ}) \quad (3.18)$$

Подставляем значения в формулу (3.18), получим:

$$PL_{fs} = 32.45 + 20\log_{10}(1800) + 20\log_{10}(3) = 107.0979 (\text{дБ})$$

Основная формула для потерь при модели Окамура-Хата:

$$L_{hata} = 69.55 + 26.16\log_{10}(f, \text{МГц}) - 13.82\log_{10}(h_{bs}, \text{м}) - a(h_m) + \\ + (44.9 - 6.55\log_{10}(h_{bs}, \text{м}))\log_{10}(d, \text{км}) - K \quad (3.19)$$

Где L_{hata} - потери в тракте передачи f - частота в Мегагерцах
 h_{bs} - высота базовой станции в метрах $a(h)$ и K –
характеристики окружающей среды

					<i>11070006.11.03.02.609.ПЗВКР</i>	Лист
						57
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Для правильного использования формул необходимо придерживаться следующей соответствие между типами моделей и характеристик области:

- Плотная городская (большой город) - плотная застройка в основном высотные здания (более 20 этажей) с небольшим участком зеленого пространства. Обложка клетки в значительной степени определяется дифракцией и рассеянием сигнала на ближайших зданиях к абоненту;
- Городская застройка - многоэтажная жилых и административных строительные, промышленные зоны. Плотность зданий достаточно высока, но она может быть разбавлена зелени, квадратиками;
- Пригород - одиночные дома, офисные здания, магазины высотой 1-3 этажей. Большие площади зелени (деревьев), парковые зоны с отдельными группами зданий плотной конструкции;
- Деревня - открытое пространство с несколькими зданиями, фермы, кустарниковые насаждения, шоссе;
- Open Space - озера, водохранилища, открытые участки Нет растения, бесплодная земля.

Таблица 3.1 – Данные об окружающей среде Окамура Хаты

Тип местности	$a(h_m)$	K
Открытая местность		$4.78(\log_{10}(f_{MHz}))^2 - 18.33\log_{10}(f_{MHz}) + 40.94$
Пригород	$(1,1\log_{10}(f_{MHz}) - 0.7) - (1.56\log_{10}(f_{MHz}) - 0.8)$	$2(\log_{10}(f_{MHz} / 28))^2 + 5.4$
Малые и средние города		0
Большой город	$3.2(\log_{10}(11.75h_m))^2 - 4.97$	0

В нашем случае мы используем поправочный коэффициент для малых и средних городов, т.е.

$$a(h_m) = (1,1\log_{10}(f_{MHz}) - 0.7) - (1.56\log_{10}(f_{MHz}) - 0.8) \quad (3.20)$$

Подставляя все значения в формулу (3.20), получаем результаты:

$$a(h_m) = (1,1\log_{10}(1800) - 0.7) - (1.56\log_{10}(1800) - 0.8) = -1,39$$

В нашем случае К будет равно 0, так как г. Старый Оскол является районным центром.

Подставляем значения в формулу (3.19):

$$L_{hata} = 69.55 + 26.16\log_{10}(1800) - 13.82\log(30) - a(1,5) + (44.9 - 6.55\log_{10}(30))\log_{10}(2) - 0 = 146,295$$

(дБ)

На рисунке 3.3 мы построили график зависимости затухания сигнала от расстояния.

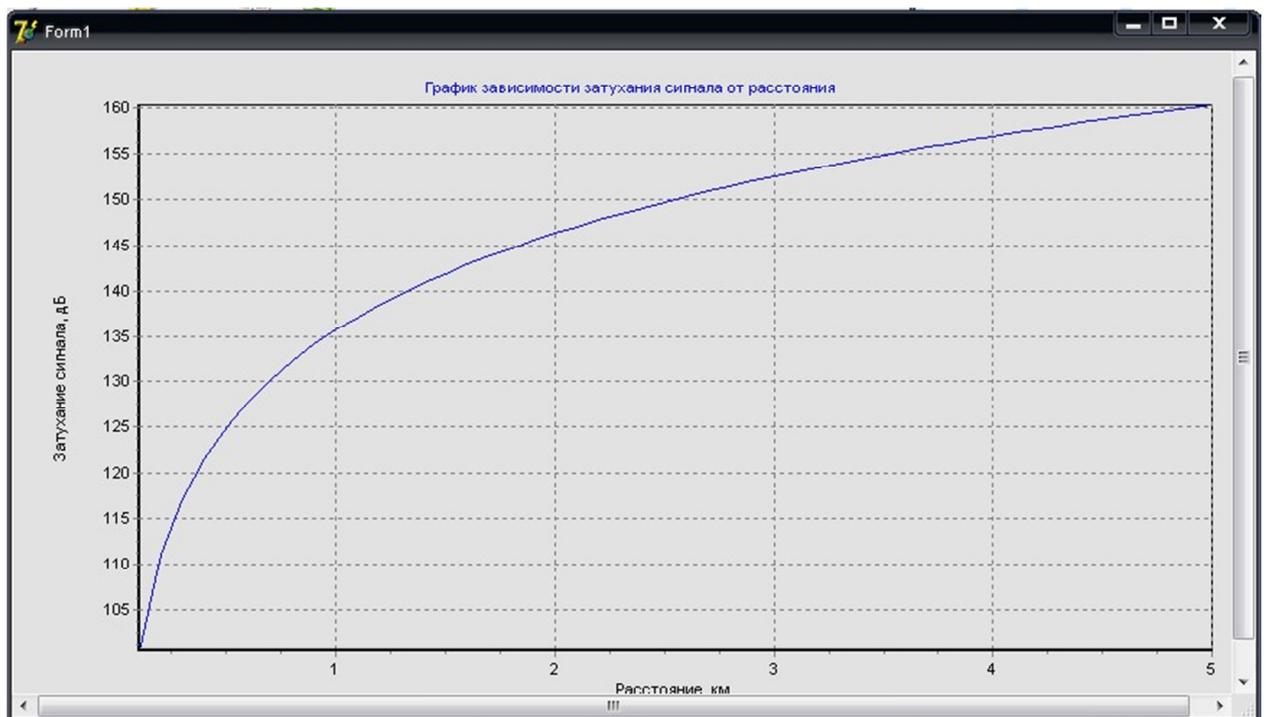


Рисунок 3.3 – График зависимости затухания сигнала от расстояния

Таким образом, дальность можно вычислить по следующей формуле:

					<i>11070006.11.03.02.609.ПЗВКР</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		59

$$d = 10^{\left(\frac{L_{hata} - 69.55 - 26.16 \log_{10}(f_{MHz}) + 13.82 \log_{10}(h_b) + a(h_m) + K}{44.9 - 6.55 \log_{10}(h_b)} \right)} \quad (3.21)$$

Подставляя все значения в формулу (3.21), мы получим

$$d = 10^{\left(\frac{146,295 - 69.55 - 26.16 \log_{10}(1800) + 13.82 \log_{10}(30) + a(1,5) + 0}{44.9 - 6.55 \log_{10}(30)} \right)} = 2(\text{км})$$

3.5.2. Расчет мощности сигнала приемника

Уравнение энергетического потенциала линии связи в радиоканале:

$$P_{Rx} = P_{Tx} + G_{Tx} + G_{Rx} - L_{Tx} - L_{Rx} + PM - PL \quad (3.22)$$

где P_{Rx} - мощность приемника, дБм

P_{Tx} - выходная мощность передатчика, берем равное 46 дБм

G_{Tx} - коэффициент усиления передающей антенны, 2 дБ

G_{Rx} - коэффициент усиления приемной антенны, дБ

L_{Tx} - потери в кабеле и другие на передающей стороне, дБ

L_{Rx} - потери в кабеле и другие на приемной стороне, дБ

PM – допустимые искажения 2 дБ

PL- потери в тракте передачи, дБ

Подставляя значения в формулу (3.22), получаем значение мощности приемника при трехсекторной антенне, где коэффициент усиления G_{Tx} равен 18 дБ:

$$P_{Rx} = 46 + 18 + 2 - 4 - 2,5 + 2 - 146,295 = -84,795(\text{дБ} \cdot \text{м})$$

При круговой диаграмме направленности, при котором коэффициент усиления G_{Tx} равен 6 дБ:

					<i>11070006.11.03.02.609.ПЗВКР</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		60

$$P_{Rx} = 46 + 6 + 2 - 2 - 2,5 + 2 - 146,295 = -94,795(\text{дБ}\cdot\text{м})$$

На рисунке 3.4 приведен график на программе зависимости сигнала приемника от расстояния.

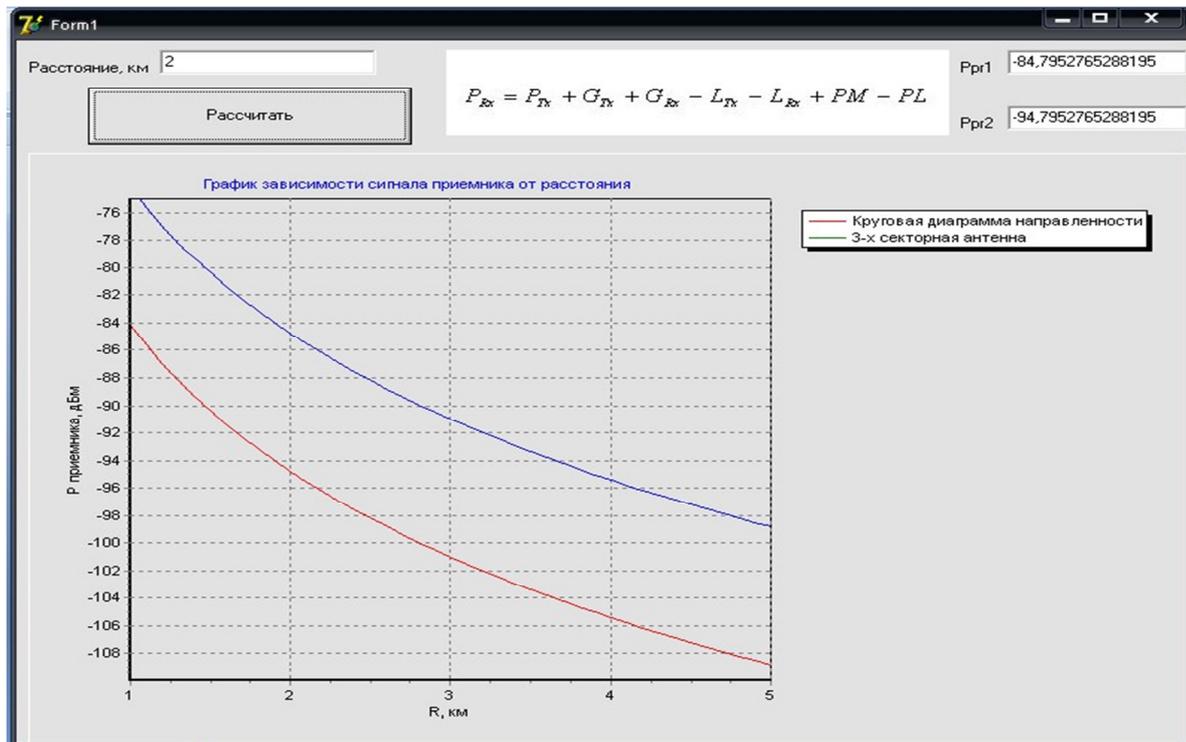


Рисунок 3.4 – График зависимости сигнала приемника от расстояния

Проанализировав результаты, мы пришли к выводу, что оптимальная мощность сигнала приемника может быть достигнута при трехсекторной антенне.

4 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

4.1 Анализ потенциально-опасных и вредных факторов, воздействующих на обслуживающий персонал проектируемого объекта.

Темой ВКР является построение сети радиодоступа. По проекту будут установлено несколько односторонних базовых радиостанций (БС). Местами размещения БС будут существующие городские здания в центральной части города. Зона покрытия БС – центральные районы города, с преобладанием строений, принадлежащих физическим лицам.

Устанавливаемые БС имеют несколько видов антенн, как узконаправленных, так и многосекторных. Средняя высота устанавливаемых антенн – до 3 метров. Все антенны будут монтироваться на крышах зданий, максимальная высота среди выбранных зданий – 32м, что с учётом высоты антенны, составит 35 метров от уровня земли. Для всех устанавливаемых антенн будет применяться типовая молниезащита, что позволит сократить сроки монтажа и расходы на материалы.

Оборудование базовых станций, устанавливаемое в помещениях существующих сайтов имеют сравнительно небольшие размеры 2х0,7х1 метров, поэтому для размещения достаточно 10 м². Например в помещении сайт – POLYSET расположим базовую станцию в помещении площадью 15 м². Оборудование помещается в контейнерные сооружения для защиты от воздействия погодных условий.

Помещение удовлетворяет требованиям организации производственного процесса, его достоинством является уже готовая проводка электропитания к оборудованию, для поддержания нормального функционирования оборудования работают кондиционеры, которые регулярно проверяются и очищаются. Внутри контейнера освещение только искусственное.

Обслуживание базовых станций не требует длительного пребывания обслуживающего персонала и осуществляется по плану профилактических работ, поэтому необходимо предусмотреть систему автоматического

					<i>11070006.11.03.02.609.ПЗВКР</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		62

пожаротушения, основанное на использовании установки газового пожаротушения, что позволит снизить материальные потери.

Произведём анализ условий труда в офисном помещении прямоугольной формы, размерами: длина – 8 метров, ширина – 6 метров, высота – 3 метра. Данное помещение (на рисунке 1) рассчитано на 8 сидячих рабочих мест, в качестве средств труда используется оргтехника (8 компьютеров и универсальное средство от фирмы Hewlett Packard: принтерсканер-ксерокс).

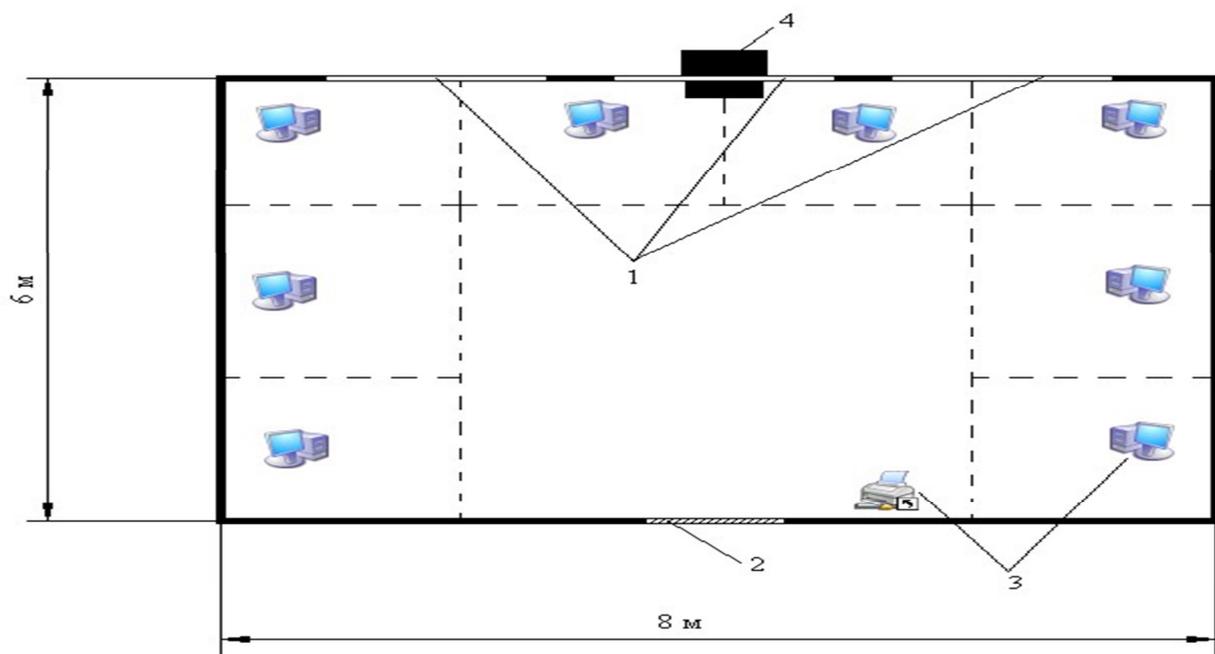


Рисунок 4.1 - Внутреннее расположение объектов в офисе: 1 – окна; 2 – дверь; 3- оргтехника; 4 – устройство кондиционирования

Организация освещения. Освещение в комнате в сочетании (естественное и искусственное) освещение. Естественное сторона. Три окна размер 2х1,8 метров. Коэффициент естественной освещенности (. Е.А.) При работе в среднем визуальной точности не должно быть меньше, чем 1,2%. Искусственное освещение обеспечивается в виде общего освещения с люминесцентными источниками света. Пульсация люминесцентных ламп не превышала 10%. В качестве средства затемнения с помощью регулируемые жалюзи с белой шелковой вертикальных планок. Окна расположены по одну сторону от рабочего пространства.

В пространстве размеров офиса 8х6х3 метров 144 м³ восемь человек. Таким образом, помещения должны быть представлены в следующем объеме наружного воздуха: в кубатуру до 30 м³ пространства на одного работника - по крайней мере, 20 м³ / ч на человека. Воздух, поступающий в офисное пространство, дезактивацию, в том числе пыли и микроорганизмов.

Состояние микроклимата мониторинг в производственных помещениях продолжает работать условия, близкие к оптимальным, повышения производительности труда и комфорта, уменьшает рабочее состояние. Так главный офис сотрудники работают на компьютере, тяжесть работы производятся в помещении можно отнести к среднему. Нормы микроклимата производственных помещений во время работы средней тяжести приведены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 - Нормы микроклимата производственных помещений

Период года	Температура, С		Оптимальная влажность, %		Скорость движения воздуха, м/с	
	Оптим.	Допус.	Оптим.	Допуст.	Оптим.	Допуст.
Холодный период года	18-20	17-23	40-60	75	0,2	Не более 0,1
Теплый период года	21-23	18-27	40-60	65 при 26 ⁰ С	0,3	0,2-0,4

Оптимальный микроклимат в помещении поддерживается при помощи системы кондиционирования. Ниже приведён подробный расчёт системы обеспечения оптимального микроклимата с выбором конкретного оборудования.

Шумы и вибрации. В помещении отсутствуют источники постоянных шумов и вибрации. От внешних источников шума помещение защищено звукоизолирующими пластиковыми окнами.

Электромагнитные поля. В помещении отсутствуют источники электромагнитного излучения. Для работы используются мониторы на жидкокристаллической основе не оказывающие столь вредного воздействия на организм человека как электронно-лучевые.

Обеспечение электробезопасности. В помещении исключена возможность приближения людей к токоведущим частям офисного оборудования. Все соединительные провода и линии имеют качественную изоляцию.

Для подачи питания к оборудованию используются евророзетки, клемма заземления которых соединена с общей системой защитного заземления. Общая система заземления является контурной, т.е. заземление устанавливается на пути вокруг заземленной оборудования на небольшом расстоянии друг от друга, так что объем крупнейшего здания охватывает весь путь защищаемого оборудования. При достаточно малых расстояний между точкой заземления внутри контура земли будут иметь приблизительно тот же потенциал, тем самым уменьшая разность потенциалов между отдельными точками внутри контура, т.е.. Е. Уменьшение напряжения прикосновения и шагового напряжения.

Обеспечение пожарной безопасности. В рассматриваемом офисном помещении причиной возникновения пожара могут послужить электроприборы (осветительная аппаратура, оргтехника, устройство кондиционирования), вследствие возникновения короткого замыкания из-за не качественной изоляции, либо какая-нибудь внешняя причина (пожар во всём здании, в соседнем помещении и т. д.). В помещении имеются в наличии средства связи для быстрого вызова городской пожарной части, в случае возникновения пожара, к которым обеспечен свободный доступ в любое время суток. Пожарная сигнализация осуществляется ручными извещателями ПКИЛ-9,

					<i>11070006.11.03.02.609.ПЗВКР</i>	Лист
						65
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

которые приводятся в действие нажатием кнопки. Они расположены на лестничных площадках и в коридорах и окрашены в красный свет.

Территория объекта содержится в чистоте, весь горючий мусор систематически удаляется и вывозится. Все дороги и подъезды к зданию, сооружениям и источникам воды содержатся в исправности и освещены в ночное время. Курение допускается только в специально отведенной комнате, обозначенной соответствующими надписями, обеспеченными урнами с водой. Коридоры, проходы, основные и запасные выходы, тамбуры, лестничные клетки содержатся в исправном состоянии, не загромождены, в ночное время имеют освещение. Входные двери на чердаки и подвалы закрыты на замки, ключи от которых хранятся в месте, доступном для получения их в любое время суток.

В помещении не происходят процессы, в которых применяются горючие и легко воспламеняющиеся вещества. На случай возникновения пожара предусмотрена возможность эвакуации людей. Все выходы являются эвакуационными, т.к. ведет из помещения любого этажа в коридор, ведущий на внутреннюю лестничную клетку, имеющую выход непосредственно наружу или через вестибюль.

Эргономическая оценка рабочего места. Одним из основных функциональных элементов рабочего места является клавиатура. Оптимальный угол наклона клавиатуры составляет 15° по отношению к горизонтальной поверхности. Работа осуществляется сидя. Высота рабочей поверхности 1200 мм. Разница между высотами рабочей поверхности и сидения регулируется и составляет 270-280 мм. Рабочие сидения обеспечивают положение тела, при котором нагрузка на мышцы оптимальна и способствует нормальной деятельности функциональных органов человека, созданы возможности изменения рабочей позы для снятия напряжения мышц и предупреждения общего утомления, обеспечено свободное перемещение и фиксация тела относительно рабочей поверхности. Размещение технических средств и кресло оператора в рабочей зоне обеспечивают удобный доступ к основным

					<i>11070006.11.03.02.609.ПЗВКР</i>	Лист
						66
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

функциональным узлам аппаратуры, возможность быстро занимать и покидать рабочую зону, исключение случайного приведения в действие средств управления и ввода информации, удобную рабочую позу и позу отдыха.

Цифровой дисплей размещен на столе на расстоянии, не превышающем 700 мм (оптимальное расстояние 450-500 мм.). Экран дисплея по высоте расположен приблизительно на уровне глаз оператора. Цифровой экран, документы и клавиатура расположены так, чтобы перепад яркости поверхностей, зависящий от их расположения относительно источника света, не превышал 1:10 (рекомендуемое значение 1:3). Устройства документирования и другие, не часто используемые технические средства, расположены справа от оператора в зоне максимальной досягаемости [4].

4.2 Воздействие радиочастотного поля на организм человека

Прогнозируемые LTE сеть работает в диапазоне частот 1800 МГц с использованием OFDMA модуляции. Распространение широкополосного доступа в Интернет обеспечивает развитую сеть базовых станций с фиксированными антеннами, коммутационные центры передавать информацию с помощью радиочастотных сигналов. Для того, чтобы обеспечить большую скорость мобильных операторов Интернет увеличить количество базовых станций и осуществляют свое постоянное Ре в соответствии с последними технологическими разработками отрасли. Факт наличия значительного количества сайтов радио, время от времени обеспокоенность по поводу возможного влияния радиосигналов на здоровье пользователей.

Базовые станции могут быть установлены на общественных зданиях и домах, если общая излучаемая мощность не превышает максимально допустимые уровни, установленные санитарными нормами. Санитарные нормы уровней излучения приведены в документе «Санитарные требования к эксплуатации радиоэлектронных средств и условиям работы с источниками электромагнитного излучения.

					<i>11070006.11.03.02.609.ПЗВКР</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		67

Таблица 4.2- Предельно допустимые уровни ЭМП диапазона частот 30 кГц - 300 ГГц для населения

диапазон частот	30-300 кГц	0,3-3 МГц	3-30 МГц	30-300 МГц	300- 3000 МГц	3-30 ГГц	30- 300 ГГц
Нормируемый параметр	Напряженность электрического поля, E				Плотность потока энергии, ППЭ(мкВт/см ²)		
Предельно допустимые уровни	25	15	10	3	12	12	10

Микроволновом диапазоне электромагнитного поля, в котором работают современные радио находится в пределах 450 МГц-2 ГГц. Такие поля, в отличие от ионизирующего излучения (гамма, рентгеновские лучи, УФ короткая волна), независимо от их мощности, не могут вызывать ионизацию или вторичную радиоактивность в организме.

Волны с в диапазоне частот выше 1 МГц приводят к теплу ткани (за счет поглощения электромагнитной энергии). Высокая интенсивность поля может локально повышать температуру тканей на 10 ° или более.

Он определяет четыре системы организма, более всего поддаются воздействию вредного воздействия электромагнитного излучения:

- 1) центральная нервная система. Это наиболее чувствительны к электромагнитным полям. Существует ухудшение памяти, внимания, нарушения сна, вы можете испытать нейроциркуляторная дистония.
- 2) иммунитет. Иммуногенеза ингибирование происходит, что приводит к ухудшению устойчивости к различным инфекциям.

3) эндокринная система. Увеличивает уровень адреналина в крови (нет необходимости говорить об опасностях высокого кровяного давления и хронической организма-хозяина в условиях стресса).

4) репродуктивной системы. Именно молодые люди репродуктивного возраста являются наиболее часто являются источниками электромагнитных волн. Там подавление сперматогенеза, увеличение количества врожденных дефектов и повреждений. Яичники более чувствительны к воздействию электромагнитного излучения.

Из работающих рядом с мобильного телефона вы можете получить гораздо более высокую, чем воздействие от их собственного телефона. Когда мы говорим сотовый телефон антенна ориентирована так, что ее основной поток излучения направлен в сторону от головы того, кто говорит. Такое воздействие, мы можем получить очень часто в общественном транспорте.

При установлении антенны базовой станции фиксируется по всему санитарной зоны, которая за рубежом общая излучаемая мощность не превышает максимально допустимые уровни, установленные санитарными нормами. Место установления антенны базовой станции, которая пропускает санитарную зону вполне безопасно. Для того, чтобы на строительство санитарно-защитной зоны, которая устанавливается антенная система (до трех антенн), последний крепится к башне, поднявшись на 1020 м выше крыши зданий или сооружений на краю стены (только одна антенна). Строительство здания или на котором вы установили базовую станцию, имеют самую низкую стоимость контакта. Те здания, где нет ни одной базовой станции антенны, но расположенные в зоне излучения антенн соседних зданий имеют самый высокий экспозицию. И для того, чтобы проходить через стены зданий и тем самым обеспечить достаточный уровень мощности для мобильных телефонов, мощность облучения от базовой станции должна быть увеличена. Повышение мощности излучения антенны базовой станции требуется также и в случае, когда базовая станция находится на значительном расстоянии от области, которая должна служить, чтобы компенсировать потерю энергии на большие

					<i>11070006.11.03.02.609.ПЗВКР</i>	Лист
						69
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

расстояния распространения. Если отдаленный район обслуживается базовых станций, уровень радиочастотной энергии значительно возрастает и может в определенных областях причинить вред.

					<i>11070006.11.03.02.609.ПЗВКР</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		70

5 ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ

5.1 Обоснование проектирования широкополосной системы радиосвязи

В ВКР рассматривается вопрос о создании широкополосной беспроводной сети по технологии LTE для микрорайона «Радужный».

Прокладка проводов в коттеджных поселках и зонах отдыха осложнена особенностями застройки и контролем доступа на территории отдельных объектов. Невозможна реализация QoS, необходимого для реализации видеоконференций и VPN с низким уровнем потерь.

Наземные системы связи хоть и обеспечивают наилучшую скорость передачи данных и высокую надёжность, но их использование не всегда физически реализуемо, а зачастую дороже. А использование технологии LTE позволяет поднять скорость передачи данных, тем самым стирая разницу между проводными и беспроводными сетями.

Немаловажную роль играет скорость развертывания сети: отсутствие необходимости прокладывать провода сильно сокращает сроки запуска сети в коммерческую эксплуатацию.

Основные производители оборудования для сетей LTE являются такие известные компании как TeliaSonera, Ericsson, Huawei и многие другие.

5.2 Расчёт капитальных затрат

Стоимость сети LTE складывается из следующих основных составляющих:

- Стоимость базовой станции BTS
 - Стоимость антенн
 - Стоимость соединительных кабелей
- Суммарную стоимость оборудования для обновления ядра пакетной обработки
 - Обновление блока SGSN до MME
 - Обновление GGSN до SGW/PGW

					<i>11070006.11.03.02.609.ПЗВКР</i>	Лист
						71
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- Стоимость оборудования для транспортной сети (VoIP)
- Стоимость оборудования ЦОД (маршрутизаторы, сервера)
- Стоимости развёртывания сети, включающей проведение проектно-строительных работ, доставку, монтаж и наладку оборудования
- Разрешение ГКРЧ на каждую базовую станцию

Кроме того, для использования сети требуется лицензия для работы в конкретном частотном диапазоне, которая соответственно тоже составляет немалую часть от стоимости сети.

Компания Huawei располагает линейкой оборудования для развёртывания сети, а также предоставляет широкий спектр услуг и решений для реализации проектов клиентов. Основные услуги это:

- разработка системного проекта сети;
- проектно-строительные работы и подготовку площадок для монтажа станций;
- доставка оборудования к месту монтажа;
- монтаж БС и пусконаладочные работ.

В процессе эксплуатации сети LTE Huawei обеспечивает:

- гарантийное обслуживание;
- обучение специалистов заказчика;
- техническую поддержку сети.

БС проектируемой системы имеет блочное исполнение. Такой вид конструкции позволяет упростить монтаж БС и сократить избыточности системы добавляя в стойку БС только необходимое количество блоков. После доставки необходимых блоков БС может быть развёрнута и введена в эксплуатацию в течение одного дня.

Сеть LTE будет строиться путём интеграции в действующую сеть 3G (UTRAN). Для расчета капитальных вложений используем данные для средних капитальных вложений на квадратный километр, в зависимости от плотности насыщения базовых станций. В таблице 5.1. приведены примерные цены на

					<i>11070006.11.03.02.609.ПЗВКР</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		72

оборудование для построения сети LTE при условии что, будет работать 5 базовых станций.

Таблица 5.1. Затраты на оборудование.

Наименование оборудования	Цена, дол.США
Базовая станция BTS DBS 3900	205 000
Антенная система (комплект)	10 000
Оборудование для EPC (интеграция с GSM)	
Обновление SGSN до MME	100 000
Обновление GGSN до SGW/PGW	50 000
Расходы на транспортную сеть (VoIP)	5 000
Итого за оборудование	370 000\$

При пересчёте на курс российского рубля, получим, что затраты на оборудование составляют примерно 21 753 169 рублей.

Одним из основных технико-экономических показателей являются капитальные затраты (К). Капитальные затраты могут быть сведены к следующим: удельная цена оборудования (Коб), транспортные расходы(Ктр) – как правило 5%, расходы на монтаж оборудования (Кмон) - 25% от стоимости оборудования, затраты на получение лицензии, частотного ресурса и подключения (Кпроч).

Коэффициент Кпроч на данный момент учитывать не будем, так как ещё не объявлены тендеры на приобретение лицензий.

$$K = K_{об} + K_{тр} + K_{мон} + K_{проч}$$

Таким образом, для моего проекта получим:

$$K = K_{об}(21\,753\,169 \text{ руб.}) + K_{тр}(1\,087\,658 \text{ руб.}) + K_{мон}(5\,438\,292 \text{ руб.}) + K_{проч}$$

					<i>11070006.11.03.02.609.ПЗВКР</i>	Лист
						73
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

К=28 279 120 руб.

Это капитальные затраты при условии, что сеть LTE будет состоять из 5 базовых станций (5 сот).

5.3 Расчёт эксплуатационных расходов

Другим важным технико-экономическим показателем являются эксплуатационные расходы (Э), так как они отражают производственную деятельность предприятия, показывая, какие требуются расходы на организацию производственного процесса. Эксплуатационные расходы складываются из следующих статей:

- расходы на оплату труда - ЗП
- отчисления на социальные нужды - Ос.н.
- амортизационные отчисления на полное восстановление - А
- расходы на аренду здания - Ар
- материальные затраты – М
- затраты на оплату электроэнергии – Сэл.эн.
- прочие производственные, транспортные и эксплуатационно-хозяйственные расходы – Пр.

$$\text{Э} = \text{ЗП} + \text{Ос.н.} + \text{А} + \text{Ар} + \text{М} + \text{Сэл.эн.} + \text{Пр}$$

Годовой фонд заработной платы всего персонала определяется исходя из количества единиц и тарифной ставки каждой штатной единицы. Для организации работы в компании предоставляющей услуги связи предлагается следующее распределение штата.

					<i>11070006.11.03.02.609.ПЗВКР</i>	Лист
						74
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Таблица 5.2. Количество штатных единиц и тарифная ставка

№ п/п	Наименование должности.	Количество штатных единиц	Месячный оклад работника, руб.	Сумма, руб.
1	Генеральный директор	1	105 000	105 000
2	Технический директор	1	96 000	96 000
3	Главный бухгалтер	1	84 000	84 000
4	Ведущий инженер по радиосвязи	1	52 000	52 000
5	Экономист	1	34 500	34 500
6	Специалист по маркетингу	1	34 500	34 500
7	Юрист	1	23000	23000
8	Инженер технической службы	3	22000	66000
9	Снабженец	1	20000	20000
10	Менеджер	2	18000	36000
11	Монтажники систем связи	4	18000	72000
12	Водитель	2	15000	30000
13	Уборщица	1	12000	12000
	ИТОГО	20		665000

Итого: получили штат из 20 человек на заработную плату которым требуется 665 000 рублей ежемесячно. Тогда годовой фонд заработной платы составляет:

$$Зосн=12 * 665 000= 7 980 000 \text{ руб/год.}$$

$$ЗП=Зосн+Зпрем=7 980 000 +5\%=8 379 000 \text{ руб/год.}$$

Из фонда заработной платы выплачивается единый социальный налог ЕСН, учитываемый коэффициентом Кесн, который входит в эксплуатационные затраты:

$$Ос.н = ЗП * Кесн$$

$$Ос.н.= 8 379 000 * 0.26=2 178 540 \text{ руб.}$$

					<i>11070006.11.03.02.609.ПЗВКР</i>	Лист
						75
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Амортизационные отчисления на полное восстановление основных производственных фондов определяют на основании капитальных вложений и установленным нормам амортизации. Нормы на амортизационные отчисления составляют для стационарного оборудования – 14%,

Принимаем норму амортизационных отчислений равной $\text{Нот} = 14\%$ от стоимости основных производственных фондов (капитальных затрат K). Тогда:
 $A = K \cdot \text{На} = 28\,279\,120 \cdot 0.14 = 3\,959\,077$ руб/год.

Затраты на аренду помещений можно определить следующим образом:

Исходя из примеров работы на аналогичных сетях ориентировочно полагается, что предприятие арендует 20 м^2 под ЦОД, 60 м^2 под офис, под базовую станцию в среднем арендуется 15 м^2 . Стоимость 1 м^2 аренды составляет примерно 17 500 руб/год. Арендуется гараж и склад и стоимость их аренды составляет 75 000руб/год.

Тогда имеем:

$$A_p = (20 + 60 + 18 \cdot 15) \cdot 17\,500 + 75\,000 = 7\,600\,000 \text{ руб/год.}$$

Материальные затраты

Материальные затраты это:

а) расходы на материалы и запасные части - M (принимаются в размере 2% от капитальных затрат на оборудование)

$$M = 28\,279\,120 \cdot 0.02 = 565\,582 \text{ руб/год.}$$

б) расходы на производственную электроэнергию – $C_{\text{эл.эн}}$, (вычисляются по потребляемой мощности за год и тарифам)

$$C_{\text{эл.эн}} = \frac{m_T \times 8760 \times \sum_{i=1}^n n_i \times p_i}{1000 \times \eta} \text{ руб., где}$$

$m_T = 2.6$ – тарифная плата за 1 кВтч, руб (данные 2015 г.);

n_i - количество единиц аппаратуры данного типа;

p_i - мощность, потребляемая единицей аппаратуры;

					<i>11070006.11.03.02.609.ПЗВКР</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		76

$$p_i = 150 \text{ Вт.}$$

$$\eta = 0.8 - \text{КПД.}$$

$$\text{Сэл.эн} = 72\,600 \text{ руб/год}$$

в) расходы на рекламу:

$$P = 600\,000 \text{ руб/год}$$

г) прочие административно-хозяйственные расходы - Пр

Прочие производственные, транспортные и эксплуатационно-хозяйственные расходы (Пр) составляют 5% от общих эксплуатационных расходов. Тогда получим:

$$\text{Э} = (\text{ЗП} + \text{Ос.н.} + A + A_p + M + \text{Сэл.эн.} + P) + 5\% = 18\,782\,299 + 939\,115$$

$$\text{Э} = 19\,721\,414 \text{ руб/год или } 1\,643\,451 \text{ руб/мес.}$$

5.4 Расчёт доходов от реализации услуг и прибыли

Доходы от основной деятельности - это денежные суммы, полученные организациями связи за предоставленные услуги по установленным тарифам.

$$D = \sum D_i, \text{ где } D_i - \text{годовой доход от тарифа } i.$$

$$D_i = N_i * T_i * 12, \text{ где}$$

N_i – количество абонентов, пользующихся i – м тарифом.

T_i – ежемесячная абонентская плата за i – й тариф.

В моём проекте я ввиду три мультисервисных тарифных плана с разным объёмом трафика или ограничением в скорости:

- 1) Безлимитный трафик, но скорость ограничена 10Мб/с.
- 2) Трафик ограничен до 10 Гбит. скорость не ограничена.
- 3) Трафик ограничен до 100 Гбит. скорость не ограничена.

Данные сведём в таблицу 5.3.

					<i>11070006.11.03.02.609.ПЗВКР</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		77

Таблица 5.3. Расчет дохода от основной деятельности по периодам.

№ п/п	Период	Количество абонентов Ni			D Доход,руб
		Тариф 1	Тариф 2	Тариф 3	
	за 1-й год	750	350	50	19200000
	за 2-й год	1500	700	100	38400000
	за 3-й год	1500	700	100	38400000
	В среднем за 3 года	1500	700	100	32000000

Исходя из результатов расчетов:

$$D = 32,000,000 \text{ руб/год.}$$

5.5 Анализ результатов и определение экономического эффекта

К основным показателям, которые позволяют оценить целесообразность инвестирования проектов, относится срок окупаемости, т.е. период времени, когда реализованный проект начинает приносить прибыль, превосходящую ежегодные затраты.

Для оценки срока окупаемости можно воспользоваться принципом расчета чистого денежного дохода (NPV), который показывает величину дохода на конец i-го периода времени. Данный метод основан на сопоставлении величины исходных инвестиций (IC) с общей суммой дисконтированных чистых денежных поступлений (PV) за весь расчетный период. Иными словами этот показатель представляет собой разность дисконтированных показателей доходов и инвестиций, рассчитывается по формуле (5.1):

$$NPV = PV - IC \quad (5.1)$$

где PV – денежный доход, рассчитываемый по формуле (5.2); IC – отток денежных средств в начале n-го периода, рассчитываемый по формуле (5.3).

$$PV = \sum_{n=1}^T \frac{P_n}{(1+i)^n} \quad (5.2)$$

					<i>11070006.11.03.02.609.ПЗВКР</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		78

где P_n – доход, полученный в n -ом году, i – норма дисконта, T – количество лет, для которых производится расчет.

$$IC = \sum_{n=1}^m \frac{I_n}{(1+i)^{n-1}} \quad (5.3)$$

где I_n – инвестиции в n -ом году, i – норма дисконта, m – количество лет, в которых производятся выплаты.

Ставка дисконта — это ожидаемая ставка дохода на вложенный капитал в сопоставимые по уровню риска объекты инвестирования на дату оценки. В теории инвестиционного анализа предполагается, что ставка дисконтирования включает в себя минимально гарантированный уровень доходности (не зависящий от вида инвестиционных вложений), темпы инфляции и коэффициент, учитывающий степень риска и другие специфические особенности конкретного инвестирования (риск данного вида инвестирования, риск неадекватного управления инвестициями, риск неликвидности данного инвестирования). Примем ставку дисконта равную **12 %**.

В таблице 5.4 приведен расчет дисконтированных доходов и расходов, а также чистый денежный доход с учетом дисконтирования, параметр P показывает доход, полученный за текущий год.

Таблица 5.4. Оценка экономических показателей проекта с учетом дисконта

Год	P	PV	I	IC	NPV
0	0	0	48000534	48000534	-48000534
1	19 200 000	17142857	19721414	65608939	-48466082
2	38 400 000	47755102	19721414	81330730	-33575628
3	38 400 000	75087464	19721414	95368043	-20280579
4	38 400 000	99491358	19721414	107901358	-8410000
5	38 400 000	121280549	19721414	119091818	2188731
6	38 400 000	140735184	19721414	129083300	11651884
7	38 400 000	158105394	19721414	138004266	20101128

Как видно из приведенных в таблице 6.4 рассчитанных значений, проект окупиться на 5 году эксплуатации, так как в этом году положительный NPV.

Срок окупаемости (PP) – показатель, наиболее часто принимаемый в аналитике, под которым понимается период времени от момента начала реализации проекта до того момента эксплуатации объекта, в который доходы от эксплуатации становятся равными первоначальным инвестициям и может приниматься как с учетом фактора времени, так и без его участия.

Показатель срока окупаемости без учета фактора времени применяется в том случае, когда равные суммы доходов, полученные в разное время, рассматриваются равноценно. Срок окупаемости с учетом фактора времени – показатель, характеризующий продолжительность периода, в течение которого сумма чистых доходов дисконтированных на момент завершения инвестиций, равных сумме инвестиций.

Точный срок окупаемости можно рассчитать по формуле:

$$PP = T + \frac{|NPV_{n-1}|}{(|NPV_{n-1}| + NPV_n)} \quad (5.4)$$

где T – значение периода, когда чистый денежный доход меняет знак с «-» на «+»; NPV_n – положительный чистый денежный доход в n году; NPV_{n-1} – отрицательный чистый денежный доход по модулю в n-1 году.

$$PP = 5 + \frac{|-8410000|}{(|-8410000| + 2188731)} = 5,52 = 5 \text{ лет } 6 \text{ месяцев}$$

Индекс рентабельности представляет собой относительный показатель, характеризующий отношение приведенных доходов приведенным на ту же дату инвестиционным расходам и рассчитывается по формуле:

$$PI = \frac{\sum_{n=1}^T \frac{P_n}{(1+i)^n}}{\sum_{n=1}^m \frac{I_n}{(1+i)^{n-1}}} \quad (5.5)$$

$$PI = 158105394 / 138004266 = 1,145 = 14,5\%$$

Если PI > 1, то проект следует принимать; если PI < 1, то проект следует отвергнуть; если PI = 1, то проект ни прибыльный, ни убыточный.

					<i>11070006.11.03.02.609.ПЗВКР</i>	Лист
						80
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Внутренняя норма доходности (IRR) – норма прибыли, порожденная инвестицией. Это та норма прибыли, при которой чистая текущая стоимость инвестиции равна нулю, или это та ставка дисконта, при которой дисконтированные доходы от проекта равны инвестиционным затратам. Внутренняя норма доходности определяет максимально приемлемую ставку дисконта, при которой можно инвестировать средства без каких-либо потерь для собственника.

Экономический смысл показателя IRR заключается в том, что предприятие может принимать любые решения инвестиционного характера, уровень рентабельности которых не ниже цены капитала. Чем выше IRR, тем больше возможностей у предприятия в выборе источника финансирования. Иными словами, что он показывает ожидаемую норму доходности (рентабельность инвестиций) или максимально допустимый уровень инвестиционных затрат в оцениваемый проект. IRR должен быть выше средневзвешенной цены инвестиционных ресурсов:

$$IRR > i \quad (5.6)$$

где i – ставка дисконтирования

Расчет показателя IRR осуществляется путем последовательных итераций. В этом случае выбираются такие значения нормы дисконта i_1 и i_2 , чтобы в их интервале функция NPV меняла свое значение с «+» на «-», или наоборот. Далее по формуле делается расчет внутренней нормы доходности:

$$IRR = i_1 + \frac{NPV_1}{NPV_1 - NPV_2} (i_2 - i_1) \quad (5.7)$$

где i_1 – значение табулированного коэффициента дисконтирования, при котором $NPV > 0$; i_2 – значение табулированного коэффициента дисконтирования, при котором $NPV < 0$.

Для данного проекта: $i_1 = 12$, при котором $NPV_1 = 2188731$ руб.; $i_2 = 18$ при котором $NPV_2 = -5860588$ руб.

					<i>11070006.11.03.02.609.ПЗВКР</i>	Лист
						81
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Следовательно, расчет внутренней нормы доходности будет иметь вид:

$$IRR = 12 + 2188731 / 2188731 - (-5860588) * (18 - 12) = 13,63$$

Таким образом, внутренняя норма доходности проекта составляет 13,63 %, что больше цены капитала, которая рассматривается в качестве 12%, таким образом, проект следует принять.

Таблица 5.5. Основные технико-экономические показатели проекта

Наименование показателей	Значения показателей
Объем капитальных вложений в проект, руб.	28 279 120
Годовые эксплуатационные расходы, руб., в том числе:	19 721 414
Фонд оплаты труда	8 379 000
Страховые взносы	2 178 540
Амортизационные отчисления	3 959 077
Аренда	7 600 000
Материальные затраты	565 582
расходы на производственную электроэнергию	72 600
расходы на рекламу	600 000
Прочие расходы	939 115
Численность персонала, чел.	20
Количество абонентов, чел.	2300
Срок окупаемости	5 лет 6 месяцев
Рентабельность	14,5%
Внутренняя норма доходности	13,63

Можно с уверенностью сделать вывод, что проектирование данной сети с использованием технологий LTE является экономически целесообразным. Соответственно, построение широкополосной беспроводной сети по технологии LTE, в настоящее время, является самым актуальным с точки зрения вложения инвестиций в сектор передовых информационных технологий.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ВКР рассмотрена возможность организации беспроводной широкополосной сети абонентского доступа в микрорайоне «Радужный» г. Старый Оскола, на базе стандарта технологии LTE. Актуальность предложенной темы обоснована поставленной задачей создания беспроводной сети четвертого поколения. Каналы связи LTE обеспечивают надежную, помехоустойчивую и эффективную работу приложений мультимедийного сервиса, включая передачу данных, видеотелефонию, видео по требованию и другие формы широкополосной связи.

При выполнении ВКР дана общая характеристика района планирования сети LTE в микрорайоне «Радужный» г. Старый Оскол. Приведено краткое технико-экономическое обоснование планирования сети LTE, в ходе которого выбран «универсальный» вариант строительства сети. Проведено частотно-территориальное деление и показано ситуационное расположение базовых станций на территории микрорайона.

					<i>11070006.11.03.02.609.ПЗВКР</i>	Лист
						83
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. В.Ю. Бабков, М.А. Вознюк, В.И. Дмитриев. Системы мобильной связи / СПб ГУТ. – СПб,1999. – 330с.
2. Карташевский В.Г. и др. Сетиподвижной связи. - М.: ЭКО-ТРЕНДЗ, 2001.
3. Печаткин А. В. Системы мобильной связи. Часть 1.- Рыбинск: РГАТА, 2008.
4. Бабков В.Ю. Общие подходы к задачам планирования и оптимизации 2G - 4G сетей подвижной связи, С-П, 2011.
5. Варукина Л.И. Планирование сетей LTE, технические предпосылки объединения операторов. MForum.ru, 2010.
6. Варукина Л.И. Производительностьсети TD-LTE в сравнении с WiMAX. MForum.ru, 2010.
7. Гельгор А.Л, Попов Е.А. Технология LTE мобильной передачи данных: учеб. пособие,— С. : Изд-во Политехн. ун-та, 2011. — 204 с.
8. Волков А. Н, Рыжков А. Е, Сиверс М. А. UMTS. Стандартсотовой связи третьего поколения —С. : Издательство “Линк”, 2008.—224 с.
9. Спивак Г.И. Шепелев А.Г. Электробезопасность на предприятиях связи.- М. Радио и связь. М. Энергоатомиздат, 1984. -448с.
10. Волков О. М. Пожарная безопасность вычислительных центров. – М.: Стройиздат, 1990. – 416 с.
11. Баклашов Г.Д, Под ред. А.Р, Охрана труда на предприятиях связи: Учебник. Естественное и искусственное освещение. Часть 4. Козловского. - А.:1994. - 123с

					<i>11070006.11.03.02.609.ПЗВКР</i>	Лист
						84
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		