МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество
АЛМАТИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ

кафедра Телекоммуникационных систем

«Допущен к защите»
Заведующий кафедрой _____

_____
(Ф.И.О., ученая степень, звание)

_____ «_____»_____ **20__ г.**
(подпись)

ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

На тему: Исследование и организация беспроводной связи на базе сотовой технологии WiMAX в неохваченных районах Алматинской области

Специальность 5В071900 Радиотехника, электроника, телекоммуникации

Выполнил (а) Алибекова К.А МТС 10-6
(Фамилия и инициалы) группа

Научный руководитель Ефремова Ю.А., к.т.н, ст.пр.
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)

Консультанты:

по экономической части:
Бекенова А.У., к.э.н., доцент
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
_____ «29» мая 2014 г.
(подпись)

по безопасности жизнедеятельности:
Джосбаев М.К. д.т.н. проф.
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
_____ «27» мая 2014 г.
(подпись)

по применению вычислительной техники:
Артюхин А.В. ст. преподаватель
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
_____ «04» июня 2014 г.
(подпись)

_____
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
_____ «_____»_____ 20__ г.
(подпись)

Нормоконтролер: ст. преподаватель ТКС Кондратова А.В.
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
_____ «10» 06 2014 г.
(подпись)

Рецензент: _____
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
_____ «_____»_____ 20__ г.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество

АЛМАТИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ

Факультет Радиотехники и связи
Специальность 5В071900 - Радиотехника, электроника и телекоммуникации
Кафедра Телекоммуникационных систем

ЗАДАНИЕ

на выполнение дипломного проекта

Студент Алиева Жадыра Алиевна
(фамилия, имя, отчество)

Тема проекта Исследование и организация беспроводной связи на базе сотовой технологии WCDMA в неохваченных районах Алматинской области

утверждена приказом ректора № 115 от «24» сентября 2013 г.

Срок сдачи законченной работы «25» мая 2014 г.

Исходные данные к проекту требуемые параметры результатов проектирования (исследования) и исходные данные объекта

Основные функции контроллера базовых станций BSC 2000: управление базовыми станциями, управление мощностью, управление радиоресурсами

Характеристика: 51000 Эрлан голосового трафика,
- 3,2Гц Mbit/s PS объем данных
- 1700 базовых станций и 5100 сот
- Поддержка сигнальных каналов 2 Мбит/сек

Перечень подлежащих разработке дипломного проекта вопросов или краткое содержание дипломного проекта:

В дипломном проекте произведен подробный обзор технологии сотовой связи WCDMA и анализ существующей сотовой связи в Районах Талгара и поселка Балтерек. Разработан план расширения сети сотовой связи на Талгаре и Балтереку. Произведен расчет основных параметров, использованы модели Окумура-Хата и Эрлангу для определения необходимого количества базовых станций. Произведен расчет зон охвата, дальности и передачи сигнала, выполнен...

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)

1 Цель и задачи: выбор оборудования базовой станции, расчет радиуса соты, расчет параметров прямого и обратного канала, анализ емкости БС, составление бизнес-плана
2 Местоположение базовой станции на трассе Байтерек - Талгар
3. Выбор оборудования
4. Архитектура WCDMA
5. Расчет прямого, обратного канала
6. Зондирование сигнала по модели Окамура и Хата
7. Экономическая эффективность (бизнес-план)

Рекомендуемая основная литература

1. Володина Е.Е., Пенхвинский В.О. Управление качеством услуг подвижной связи третьего поколения: Мобильные системы - 2005
2. Кааранен Х, Ахтиайнен А, Лаитинен Л, Найяк С, Нييمين С. Сети UMTS Архитектура, мобильность, сервисы.
3. Невдяев Л.М. Мобильная связь 3-го поколения Л.М. Невдяев под ред. Ю.Н. Горностаева, ООО „Мобильные коммуникации" 2000г. 208 стр
4. Ландау Л.Д. Лифшиц Е.М. Статистическая физика часть 1 - Физматлит, 2001 616 стр

Консультанты по проекту с указанием относящихся к ним разделов

Раздел	Консультант	Сроки	Подпись
Экономическая часть	Бекишева А.И.	26.03 - 29.05	
Безопасность жизн-ти	Джосбаев Ж.К.	17.03 - 27.05.14	
Вычислит. техника	Артюхин А.В.	13.05 - 04.06.14	
нормаконтроль	Кондратович А.Г.	10.06.14 - 11.06.14	

Г Р А Ф И К
подготовки дипломного проекта

№ п/п	Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления руководителю	Примечание
1.	Теоретическая часть	12. 03. 14	
1.1	Основные параметры сист.		
	проектирования		
1.2	Услуги и области приме-		
	нения UMTS		
1.3	Структура передачи WCDMA		
2	Выбор оборудования	4. 04. 14	
2.1	Оборудование фирмы		
	Huawei Technologies		
2.2	Радиоблок BRS		
3.	Расчетная часть	13. 05. 04	
3.1	Расчет прямого канала		
3.2	Расчет обратного канала		
3.3.	Определение зоны покры-		
	тия трехсекторной БС		
	с помощью моделей Окамура Хата		
3.4	Зашумление сигнала		
4.	Безопасность жизнедея-	22. 05. 14	
	тельности		
4.1	Анализ условий труда		
4.2.	Микроклимат		
5.	Бизнес-план	16. 04. 14.	
5.1	Резюме		
5.2	Маркетинг		
5.3	Финансовый план		

Дата выдачи задания «13» 09. 2013 г.

Заведующий кафедрой _____ _____
(подпись) (Фамилия и инициалы)

Руководитель Ефр _____ Ефремова Ю.И.
(подпись) (Фамилия и инициалы)

Задание принял к исполнению
студент Алм Алимжова Ж. А.

Аңдатпа

Бұл дипломдық жобада, қаланың шетіндегі аймақтардың WCDMA технологиясының сымсыз байланысты зерттеу мен ұйымдастыруы сурақтары қарастырылған.

Теориялық бөлімінде WCDMA технологиясының архитектурасы, ішкі бөлігімен классификациясы жәнеде жабдықтау таңдауы қарастырылған.

Есеп бөлімінде базалық станцияның сыйымдылығы, тік каналдың және қайырмалы каналдың есебі, сотаның радиусы белгілі формуламен колданылған, базалық станцияның зонасын жабындырыу есептелген және бір тізім боп жазылған.

Бұл жобаның тиімді екенін экономикалық есептер көрсетеді, проектің орны жабылу мерзімі, өміртіршілік қауіпсіздік шаралары жүргізілді.

Аннотация

В данном дипломном проекте рассмотрены вопросы касающиеся исследования и организаций беспроводной связи на базе сотовой технологии WCDMA для пригородных районов.

Теоретическая часть описывает такие вопросы как: архитектуру и строение технологии WCDMA, классификацию систем и выбор оборудования.

В расчетной части произведен расчет емкости базовой станции, расчет прямого канала, расчет обратного канала, расчет зоны покрытия базовой станции, расчет радиуса соты с применением соответствующих формул.

Экономические расчеты показывают эффективность предложенного варианта проекта, срок окупаемости проекта, а меры безопасности жизнедеятельности выполняются с учетом всех стандартов.

Annotation

In this degree project questions concerning researches and the organizations of a wireless communication on the basis of the cellular WCDMA technology for suburbs are considered.

The theoretical part describes such questions as: architecture and WCDMA technology structure, classification of systems and equipment choice.

In settlement part calculation of capacity of a base station, calculation of the direct channel, calculation of the return channel, calculation of a cover zone of a base station, radius calculation honeycombs with application of the corresponding formulas is made.

Economic calculations show efficiency of the offered version of the project, a project payback period, and security measures of activity are carried out taking into account all standards.

Содержание

Введения 7
1 Теоретическая часть 8
1.1 Основные параметры системного проектирования 8
1.2 Услуги и области применения UMTS 9
1.3 Структура передачи WCDMA 10
1.4 Затухание сигнала 13
1.5 Теневые зоны 15
1.6 Многолучевое распространение сигналов 15
1.7 Многолучевое распространение радиосигналов 16
1.8 Замирание сигнала 17
1.9 Временные задержки 18
1.10 Применение, развитие сети телекоммуникаций связи с использование технологии WLL CDMA 19
1.11 Планирование сети 22
2 Выбор оборудования и его технические характеристики 23
2.1 Оборудование фирмы Huawei Technologies 23
2.2 Радиоблок BRS 25
3 Расчетная часть 29
3.1 Расчет прямого канала 29
3.2 Расчет обратного канала 35
3.3 Анализ емкости базовой станции 37
3.4 Исследование радиуса соты 39
3.5 Расчет зоны покрытия базовой станции 45
3.6 Определение зоны покрытия трехсекторной БС с помощью моделей предсказания, учет потерь при распространении радиоволн 46
3.7 Модель Окомура и Хата 49
3.8 Затухание сигнала 52
3.9 Модель Эрланга 53
3.10 Абонентская нагрузка 55
4 Безопасность жизнедеятельности 56
4.1 Анализ условий труда 56
4.2 Микроклимат 58
5 Бизнес-план 61
5.1 Резюме 61
5.2 Маркетинг 62
5.3 Производственный план 63
5.4Финансовый план 63
Заключение 72
Список литературы 73
Приложение А 74
Приложение Б 78

Введение

Сейчас в Казахстане операторы широко внедрили сотовую связь третьего поколения технологии WCDMA, которая является переходным этапом между сетями связи третьего четвертого поколения. 3G - не официальное определение, оно используется для обозначения пакетной передачи данных в сетях стандарта UMTS. Внедрение сетей третьего поколения 3G позволит сократить с западными странами данное неравенство не за 10 - 15 лет, а за 3 - 4 года.

Основная радиотехнология, задействованная в UMTS, - это метод WCDMA, варианты которого с организацией дуплекса с частотным или временным разделением были разработаны Европейским институтом связи (ETSI) в 1998 году. Хотя система WCDMA почти такая же, как CDMA, она имеет более широкий спектр, используют другие каналы сигнализации и управления, более широкий набор усовершенствованных средств реализаций требований системы 3G и, таким образом, существенно отличается от своего протатипа.

Для большинства людей сейчас большой быстрый пакет мобильных возможностей уже далеко не роскошь, а просто повседневность. Уже мало кто может себе представить мобильную связь без передачи данных и Интернета. К тому же, на данном этапе возможности становятся всё больше, а потому многие недовольны ни скоростью передачи информации, ни тем количеством серверов, с которых эта информация берётся. Возможностей 3G сетей им становится уже мало. Но прогресс не стоит на месте. А потому специально для особо требовательных и современных людей были разработаны сети третьего поколения 3G.

Мобильная связь третьего поколения строится на основе пакетной передачи данных. Технология WCDMA обеспечивает скорость передачи данных до 8 Мбит/сек, и предоставляет абонентам целый спектр услуг нового поколения - мобильное телевидение, видео-звонки и видеоконференции.

В данной выпускной работе осуществляется организация беспроводной связи на базе сотовой технологии WCDMA.

С учетом использования технологии UMTS рассчитаны зоны покрытия базовой станции, абонентская нагрузка и т.д.

Описаны меры безопасности жизнедеятельности при эксплуатации оборудования, разработано технико-экономическое обоснование внедрения данного проекта и разработан бизнес-план.

1 Теоретическая часть

1.1 Основные параметры системного проектирования WCDMA

WCDMA представляет собой систему множественного доступа с кодовым разделением каналов и прямым расширением спектра (DS -CDMA), т.е. биты информации пользователя передаются в широкой полосе частот путем умножения исходного потока данных пользователя на последовательности квазислучайных битов (называемых чипами), являющиеся кодами расширения CDMA. Для обеспечения очень высоких скоростей передачи (до 2 Мбит/с) поддерживается использование переменного коэффициента расширения и мультикодовых комбинаций.

Скорость передачи, равная 3,84 Мчип/с, приводит к занятию полосы приблизительно в 5 МГц. Системы DS-CDMA с шириной полосы около 1 МГц, например, IS-95, обычно называют узкополосными системами CDMA. Присущая системам WCDMA большая ширина полосы на несущей обеспечивает высокие скорости передачи данных пользователя, а также создает определенные преимущества в работе, например в каналах с повышенной многолучевостью. Не нарушая полученной лицензии на работу системы, оператор может иметь несколько таких несущих с полосой 5 МГц для увеличения пропускной способности, возможно, в виде ячеек иерархической структуры. Фактически такое разнесение несущих может быть реализовано и на 200 килогерцовой сетке приблизительно в полосе 4,4 и 5 МГц в зависимости от уровня интерференции несущих.

WCDMA поддерживает самые разные скорости передачи данных пользователя, другими словами, концепция получения ширины полосы по требованию (BoD) достаточно хорошо поддерживается. Каждому пользователю выделяются фреймы длительностью 10 мс, в течение каждого из которых скорость передачи данных пользователя остается постоянной. Однако пропускная способность для передачи данных у пользователя может меняться от фрейма к фрейму. Быстрое выделение пропускной способности для радиосвязи будет обычно управляться сетью для достижения максимальной пропускной способности при передаче пакетированных данных.

WCDMA поддерживает два основных режима работы: частотное разделение дуплексных каналов (FDD) и временное разделение дуплексных каналов (TDD). В режиме FDD для восходящего и нисходящего каналов используются раздельные несущие с частотой 5 МГц, тогда как в режиме TDD только одна несущая 5 МГц используется для восходящего и нисходящего каналов с разделением прием-передача во времени. Восходящий канал - это канал от подвижной станции к базовой, а нисходящий - от базовой станции к подвижной. Режим TDD в значительной мере основан на концепциях режима FDD и был дополнительно введен, чтобы использовать базовую систему

WCDMA так же и для непарного (несимметричного) распределения спектра, выделенного ITU для систем IMT-2000.

WCDMA поддерживает работу асинхронных базовых станций, так что в отличие от синхронной системы IS-95 отсутствует необходимость в глобальной привязке ко времени, например к GPS. Развертывание базовых станций внутри помещений и миниатюрных базовых станций (для пикосот) производится легче, когда не требуется получать сигнал GPS.

WCDMA использует когерентный прием для систем WCDMA в восходящем и нисходящем каналах на основе применения пилот-символов или общих пилот-сигналов. Хотя когерентный прием уже используется в нисходящем канале в IS-95, его применение в восходящем канале является новым для систем CDMA общего пользования и приведет к увеличению общей зоны охвата и пропускной способности восходящего канала.

Воздушный интерфейс WCDMA задуман таким образом, что оператор сети может использовать перспективные концепции построения приемников CDMA, например многопользовательский прием и применение интеллектуальных адаптивных антенн как способ повышения пропускной способности и/или зоны охвата. В большинстве систем второго поколения отсутствуют возможности использования таких концепций построения приемника, и в результате они либо не могут применяться, либо могут применяться лишь с большими ограничениями и дают лишь незначительное улучшение эксплуатационных показателей.

1.2 Услуги и области применения UMTS

WCDMA предназначена для использования вместе с GSM. Поэтому поддерживаются эстафетные передачи управления (хэндоверы) между GSM и WCDMA для того, чтобы иметь возможность использовать зону охвата GSM для внедрения WCDMA.

Сеть третьего поколения, использующая технологию сотовой связи UMTS(Universal Mobile Telecommunication System). Главным отличиям сетей UMTS третьего поколения от сетей GSM второго поколения является использование широкополосных сигналов, и использование широкополосной технологии множественного доступа с кодовым разделением каналов Wideband Code Division Multiple Access.

Главным изменением и различием к GSM и другими функционирующими на сегодняшний день сетями мобильной связи UMTS обладает уникальной особенностью, а именно то, что она позволяет согласовывать различные характеристики радиоканала доступа как передатчик информации, В-канала. Такими характеристиками передачи могут служить пропускная способность, задержка при передачи и ошибки FER и BER. Для успешной работы системы, UMTS может поддерживать широкий спектр приложений, удовлетворяющий самым разным требованиям к качеству обслуживания (QoS). Каналы-переносчики информации UMTS должны иметь общие стандарты для возможности на должном уровне обеспечивать

существующие приложения и способствовать развитию новых приложений. Поскольку в большинстве своем современные приложения представляют собой приложения, связанные с Интернетом или N-ISDN, естественно, что эти приложения и услуги определяют в первую очередь процедуры для управления каналом-переносчиком информации (B-каналом).

Приоритетным направлением для системы третьего поколения является мультимедийная связь: при их использовании мобильное оборудование получает возможность обеспечивать высококачественную передачу изображений и видеоданных, а доступ к информации и услугам по сетям общего пользования и частным сетям значительно расширен за счет более высоких скоростей передачи и новых возможностей в отношении гибкости связи, которыми обладают системы третьего поколения. Все это вместе с продолжающимся развитием систем второго поколения будет создавать новые возможности в области передачи данных не только для изготовителей аппаратуры и операторов, но также и для пользователей сети и провайдеров информационного наполнения и прикладных программ.

1.3 Структура передатчика WCDMA

WCDMA (Wideband Code Division MultipleAccess) - широкополосный метод множественного доступа с кодовым разделением. Эта технология представляет собой разновидность метода CDMA (Code Division MultipleAccess). Основным его отличием от CDMA является дополнительный этап обработки кадров, проводимый до передачи сигнала в эфир – расширение.

Базовые принципы построения сети UMTS основаны на разделение двух аспектов: физическое создание отдельных сетевых блоков и формирования функциональных связей между ними. При этом задача физического построения сетевых блоков решается, исходя из концепции области (domain), а функциональные связи рассматриваются в рамках слоя (stratum).

Первичным разделением на физическом уровне является разделение архитектуры сети на две отдельные области: на область пользовательского оборудования (User Equipment Domain) и область сетевой инфраструктуры (Infrastructure domain.).

Пользовательское оборудование - это совокупность пользовательских терминалов (ПТ) с различными уровнями функциональных возможностей, используемых абонентами мобильных устройств для доступа к UMTS услугам. Так же, ПТ могут быть совместимы с другими технологиями, помимо UMTS, интерфейсами доступа, например, работать в совмещенном GSM-режиме и при различных ситуациях переключатся между ними.

Область пользовательского оборудования, в свою очередь, подразделяется на область мобильного оборудования (Mobile Equipment Domain) и область мобильного пользователя (User Services Identity ModuleDomain), реализуемую в виде сменяемых идентификационных карт. Сопряжение областей (подобластей) принято идентифицировать логическими

опорными (контрольными) точками, которые физически реализуются соответствующими интерфейсами. Так, опорная точка, находящаяся на стыке областей мобильного оборудования и мобильного пользователя.

Мобильное оборудование как физический объект предназначено для выполнения операций приема -передачи сообщений, а также содержит в себе набор встроенных приложений. В соответствии с этим, область мобильного оборудования может быть разделена еще на два модуля: оконечный мобильный терминал (Mobile Termination), отвечающий за прием и передачу радиосигналов, и терминальное оборудование (Terminal Equipment), позволяющее реализовывать так называемые “сквозные” (в смысле маршрута передачи данных) приложения, например, подключать к ПТ переносной компьютер, факс-модем и др. В отличие от разделения на области, разделение на функциональные модули, как правило, не сопровождается идентификацией опорными точками.

В область мобильного пользователя относят данные и относящиеся к ним процедуры, позволяющие идентифицировать сетевого абонента, либо наоборот, отказать ему в доступе в сеть по каким-либо причинам. Как обычно, такие данные и процедуры реализованы в идентификационной карте, выдаваемой пользователю при приобретении лицензии на ПО (программного обеспечения) для оборудования, в основном для компьюторов.

Важно, рассмотреть общие принципы WCDMA более подробно. На первом этапе данные, полученные от источника информации, подвергаются расширению. В данном случае речь идет о расширении спектра сигнала, основная цель которого распределить энергию сигнала в широкой полосе частот. Это достигается путем перемножения каждой единицы полезного сигнала на специальную расширяющую последовательность. Эта процедура получила название spreading. Благодаря этим действиям, емкость сигнала увеличивается, уменьшается длинна импульсов и, следовательно, увеличивается занимаемая частотная полоса. После расширения производится аналогичная CDMA (Code Division Multiple Access) процедура: кодирования сигнала выбранным ортогональным кодом. Данная процедура необходима для дальнейшего разделения источников информации на приемном конце и выделении необходимого сигнала.

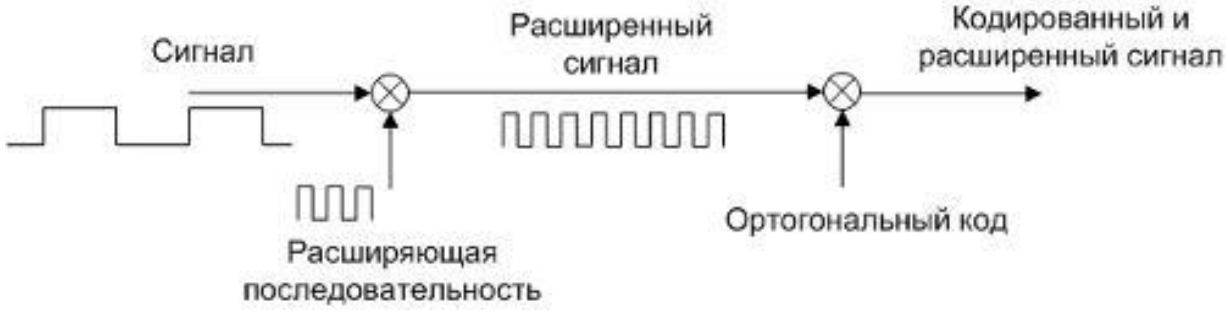

Рисунок 1.1 – Структура передатчика WCDMA

На участке производиться та же процедура, но в обратном порядке. Сначала сигнал декодируется, чтобы отделить его от ортогонального кода и убедится что сообщение адресовано именно этому устройству. После этого получатель сообщения выполняет процедуру обратную расширению - despreading (сжатие). При этом сигнал умножается на выбранную последовательность, инверсную расширяющей, т.е. "1" заменены на "0", а "0" на "1". Эта процедура позволяет извлечь полезный сигнал и сузить его спектр для дальнейшей передачи его получателю информации.

Ключевая цель операции расширения заключается в снижении степени влияния узкочастотных (селективных) помех, которые в великом множестве представлены в радиоэфире, особенно в зонах активности электромагнитных помех. На сигнал с узким спектром, например как в стандарте GSM (технологии TDMA (Time Division MultipleAccess) и FDMA (Frequency Division Multiple Access)), такие помехи могут привести к значительным искажениям, что может повлечь увеличение количества ошибок и частичную или полную потерю полезной информации. Для широкочастотного сигнала селективные помехи не страшны, т.к. они могут нанести вред лишь очень малой, незначительно части полезного сигнала, которые можно восстановить благодаря многоканальности. Небольшие потери сигнала легко компенсируются с помощью существующих методов защиты от ошибок, в то время как потери больших частей информации приведут к систематическим повторам передачи и увеличенным задержкам в доставке информации. Так же, широкополосность сигнала позволяет увеличить безопасность, потому что итоговая мощность сигнала оказывается на порядок ниже фонового шума и сообщение оказывается не видно на фоне покрывающих помех.

Концепция систем 3-го поколения нацелена на создание условий для предоставления услуг мультимедиа, включая высокоскоростную передачу информации, видео и речи, факсимильных сообщений и данных любому абоненту с помощью мобильного терминала, имеющего единый номер. Стоимость услуги должна быть минимальна при приемлемом качестве и уровне безопасности. Главная цель разработки систем 3-го поколения - удовлетворение потребности массового рынка в персональной связи, и ее достижение будет зависеть как от тарифов для сетей общего пользования, так и от стоимости абонентского терминала. Программа IMT-2000 базируется на ряде признаков, определяющих принципы построения систем 3-го поколения и их архитектуру. Уже на первом этапе развертывания они должны обеспечивать определенные значения скорости передачи для различных степеней мобильности абонента (т.е. разных скоростей его движения) в зависимости от величины зоны покрытия:

-до 2,048 Мбит/с при низкой мобильности (скорость менее 3 км/ч) и локальной зоне покрытия;

-до 144 кбит/с при высокой мобильности (до 120 км/ч) и широкой зоне покрытия;

-до 64 (144) кбит/с при глобальном покрытии (спутниковая связь).

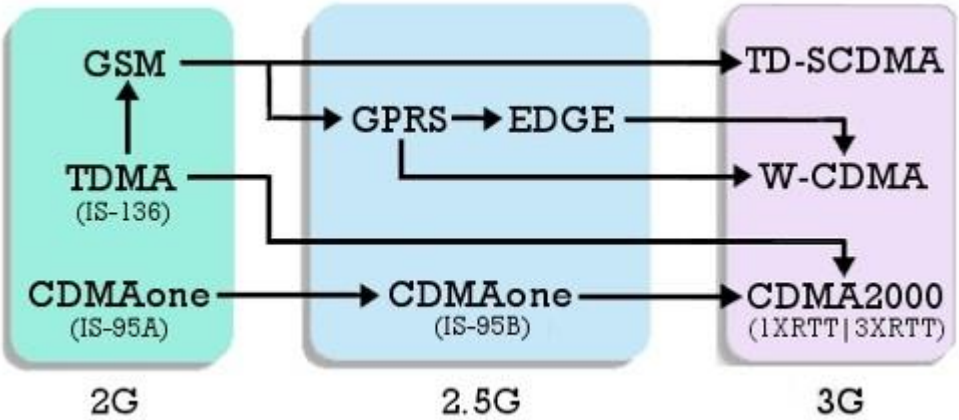

Рисунок 1.2 – Переход стандартов до 3 поколения (WCDMA)

Технология WCDMA положена в основу сети доступа системы сотовой связи стандартаUMTS (Universal Mobile Telecommunications System). Иногда данным термином даже называют саму сеть доступа, хотя в стандарте она называется (UTRAN). Применение WCDMA в UMTS позволило улучшить механизмы передачи и в 20 раз увеличить скорость передачи данных (до 8Мбит/с), по сравнению со стандартом GSM (384кбит/с).

Влияние, оказываемое на работу связи в движении, можно описать тремя эффектами: интерференцией, флуктуацией, и эффектом Доплера. Эффект интерференционного замирания сигнала может возникать вследствие перемещения объектов с различной скоростью в результате проявления Доплеровского сдвига частоты Δfд:

$$\Delta f\partial = \pm\sqrt{\varepsilon_{mp}} \times Vr/c \qquad (1)$$

где $\varepsilon_{тр}$ - электрическая проницаемость среды, для распространение радиоволн;

Vr – радиальная составляющая скорости перемещения объекта;

c – скорость распространения радиоволн.

Сотовая связь позволяет абоненту быть мобильным и не привязанным к какой-либо географической точке. В первую очередь это возможно благодаря особой структуре сети доступа, а именно из-за того, что на крайнем к абоненту участке сети используется не проводное, а радио соединение. Как и в любой другой системе радиосвязи, сигналы сотовой связи распространяются не в идеальной среде и претерпевают ряд негативных воздействий на пути от базовой станции (BTS) к мобильной станции (MS) абонента. Некоторые из данных проблем можно решить простым увеличением мощности сигнала, а некоторые требуют внедрение сложных алгоритмов в работу приемопередатчиков и установку дополнительных устройств.

Можно выделить следующие основные проблемы, которые возникают при передаче сигналов по радио интерфейсу:

- Затухание сигнала;
- Теневые зоны;

- Многолучевое распространение сигналов;
- Замирание сигнала;
- Временные задержки.

Некоторые из указанных проблем проявляются практически в любой системе радиосвязи (затухание сигнала, теневые зоны) и, следовательно, уже существуют варианты решения данных проблем. Однако другие (замирания, многолучевое распространение сигналов) требовали от разработчиков стандарта внедрение новых методов борьбы. Проблемой еще также становится то, что в системах сотовой связи передается трафик реального времени (голос), который не допускает длительных задержек.

Наибольшее число различных алгоритмов борьбы с проблемами распространения сигналов были сделаны в стандарте GSM (Global System for Mobile Communications), т.к. это первая полностью цифровая система связи. Большая часть методов улучшения качества принимаемого сигнала, впервые введенные в данном стандарте применяются и в последующих системах (UMTS (Universal Mobile Telecommunications System), LTE (Long Term Evolution) и др.)

1.4 Затухание сигнала

Для передачи телекоммуникационных сигналов применяются различные среды: электрический или оптический кабель связи, воздушное пространство и т.п. При этом не зависимо от выбранного способа передачи первоначальная энергия сигнала на выходе передатчика будет уменьшаться. Иными словами сигнал будет затухать. Главным негативным следствием этого процесса будет сложность в приеме сигнала, т.е. если энергия сигналы на выходе канала связи будет меньше некоего уровня (порога чувствительности приемника), то сигнал может быть принят с ошибкой.

В зависимости от канала связи причин затухания может быть достаточно много. В любом случае главная причина – не идеальность среды передачи. В частности электрический канал связи обладает неким сопротивлением и чем выше это сопротивление, тем выше будут потери. Энергия будет рассеиваться на нагрев проводника. Для оптического канала связи основной причиной затухания являются примеси в проводнике и неоднородности. Из-за наличия примесей и неоднородностей часть полезной энергии переотражается обратно в сторону источника или выходит за пределы оптического волокна.

Для радиоканала существует целый ряд причин затухания. Главной из них является рассеивание энергии сигнала на тепло, т.е. практически радиопередатчик "греет" окружающее пространство. Однако данный вид потерь вполне предсказуем и обладает свойством линейности. Таким образом, зная затухание сигнала для определенной частоты на единицу длинны, заранее можно рассчитать необходимую мощность излучения передатчика для передачи сигнала на заданное расстояние.

Большую проблему для сотовой связи создают искусственные объекты. Например, стена жилого дому вносит очень ощутимое затухание, в результате чего в центре здания связи может не быть вовсе. Решением этой сложности является размещение специальных Indoor (внутриобъектовых) – базовых станций, которые специально предназначены для создания устойчивого покрытия внутри подобных объектов. К сожалению, размещение даже внутриобъектовой базовой станции – это достаточно дорого и к этому прибегают в редких случаях, когда речь может идти о быстрой окупаемости или высокой важности клиента для оператора. В остальных случаях решение данной проблемы остается на плечах самого абонента. Решить эту проблему можно установив на мобильный телефон (MS) внешнюю антенну или подойдя к открытому пространству, например к окну.

1.5 Теневые зоны

При распространении сигнала от базовой станции (BTS) сотовой связи он встречает на своем пути различные препятствия искусственного и естественного происхождения. К преградам искусственного происхождения можно отнести жилые здания, производственные корпуса, широкие мосты и виадуки и т.п. К препятствиям естественного происхождения относятся горы, холмы, обрывы, высокие лесные массивы и т.д. Таким образом, любой широкий объект, возвышающийся над земной поверхностью хотя бы на несколько метров может создать препятствие. В зависимости от размеров преграды возможны несколько вариантов: сигнал, возможно, просто будет огибать препятствие, либо за встретившимся объектом образуется так называемая теневая зона с очень низким уровнем сигнала, либо сигнал будет отсутствовать вовсе.

Обычно объекты, которые могут стать преградой известны еще до развертывания сети связи и проектирование осуществляется с самого начала с учетом возможных препятствий. Существует достаточно много решений данной проблемы. Во-первых, для закрытия обширных теневых зон с большим числом потенциальных абонентов в данной зоне может быть, установлена дополнительная базовая станция. При этом она может быть в в конфигурации с малой емкостью. Если речь идет о малонаселенной теневой зоне, то наиболее разумным решением будет установка репитера (переизлучателя). Принцип его работы заключается в том, что репитер забирает емкость какой-либо другой базовой станции и излучает сигнал сотовой связи в заданной местности. Однако на практике оказывается, что установка репитера обходится не на много дешевле, чем строительство полноценной базовой станции, но при этом репитер имеет ограничения по емкости и возможности расширения, а также расходует ресурсы другой BTS.

1.6 Многолучевое распространение сигналов

Радиосигнал, на пути распространения от источника к приемнику может встречать какие-либо преграды. При этом сигнал может быть поглощен ими

либо отражен. После чего этот сигнал снова может быть отражен в сторону получателя. В этом случае данный сигнал достигнет приемника, однако произойдет это с опозданием. С другой стороны остальная энергия сигнала может достичь приемник без переотражения за более короткое время или пройти большее число отражений что в свою очередь приведет к еще большим задержкам. Данный эффект возникает, когда между источником и приемником возникают несколько путей доставки сигнала. При этом энергия сигнала будет распределена между копиями сигнала неравномерно, что в итоге может привести к ситуации, когда приемник не сможет получить достаточно энергии хотя бы в одной из копий для однозначного приема сигнала.

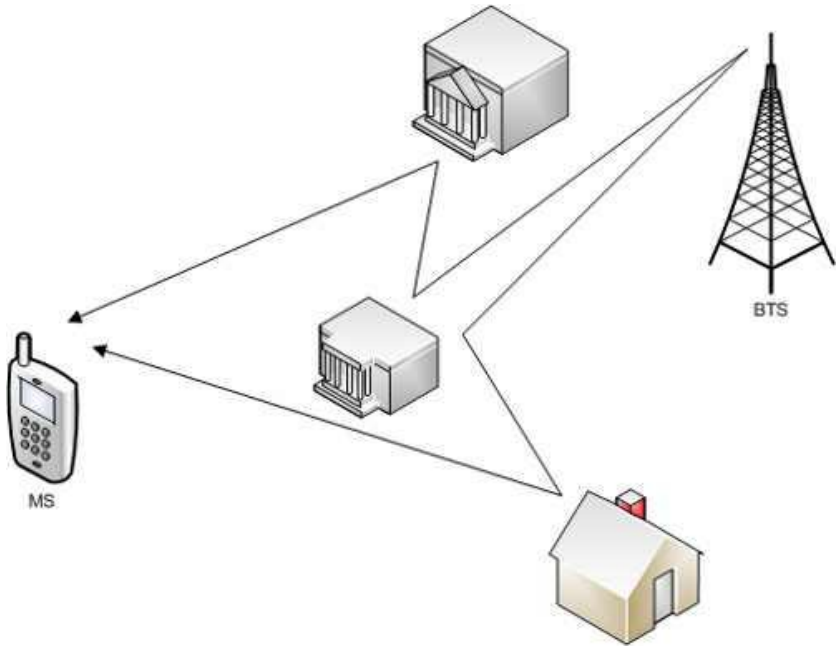

Рисунок 1.3 – Схема движение радиосигнала при отражении

1.7 Многолучевое распространение радиосигнала

Однако данная проблема имеет и другую не лежащую на поверхности пользу. При многолучевом распространении сигнала приемник получает сразу несколько копий сигнала. Сравнив эти копии между собой можно выявить и даже исправить ошибки возникшие при распространении сигнала. Данный принцип положен в основу работы Rake-приемника в мобильном оборудовании (UE) сети сотовой связи стандарта UMTS (Universal Mobile Telecommunications System). Rake-приемник представляет собой по сути несколько приемников одном. Каждый из данных приемников настраивается на свой луч, определяет временное смещение от остальных копий. Затем энергия от данных приемников сравнивается и складывается. Таким образом, для Rake-приемника лучшей обстановкой является именно многолучевое распространение сигнала, а не беспрепятственное.

В технологии MIMO (Multiple Input Multiple Output) многолучевое распространение – это необходимый элемент работы приемопередатчиков. Принцип данной технологии основан на том, что информационный поток от одного источника делится между несколькими приемопередатчиками. На приемной стороне также существует набор из такого же числа приемопередатчиков. Таким образом, организуются не один, а много каналов связи и для них желательно, чтобы были различные пути прохождения сигнала. Практические испытания показали, что чем меньше препятствий между приемопередатчиками MIMO, тем ниже суммарная скорость передачи данных в тоге достигается. Эта технология получила распространение в сетях UMTS (Rel.7) и LTE (Lon gTerm Evolution).

1.8 Замирания сигнала

Выделяют две основные разновидности замираний в зависимости от эффекта оказываемого ими и их причины: быстрые и медленные замирания. Медленные замирания вызваны, как правило, плохими метеоусловиями и существуют достаточно эффективные методы борьбы с ними. Быстрые замирания вызваны преимущественно движением приемника (источника) или препятствиями близкорасположенными с получателем сигнала. Этот вид замираний частотно селективен, т.е. изменение частоты, на которой ведется передача, может или снизить этот эффект, или полностью его убрать.

Сигнал на радио интерфейсе системы сотовой связи редко когда распространяется по прямой. На пути распространения обычно попадаются различные препятствия, которые ведут к отражениям сигнала и изменению его траектории. В результате может сложиться ситуация когда к приемнику будут поступать не одна а сразу несколько сдвинутых по времени копий исходного сигнала с разными амплитудами. Причем энергия исходного сигнала будет распределена между копиями неравномерно. Это так называемое явление многолучевого распространения сигнала. Само по себе это явление не ведет к большим проблемам, т.к. существуют достаточно эффективные методы борьбы, например, Rake-приемник. Однако может сложиться ситуация когда две копии сигнала придут в противофазе. Это означает, что копия сигнала может задержаться на промежуток времени кратный периоду сигнала. В таком случае два луча сигнала могут сложиться в приемнике и нейтрализовать друг друга. Если окажется, что эти два луча в сумме несли весомую энергию сигнала, то это может привести к увеличению числа ошибок и снижению качества канала связи. Это явление получило название "замирания" сигнала, т.е. сигнал вроде как перестает на время поступать между источником и приемником.

Таким образом, замирания сигнала – это одна из самых важных проблем в сотовой связи. Однако многолетний опыт и большой объем наработок в области сотовой связи позволяют в настоящее время достаточно эффективно бороться с замираниями.

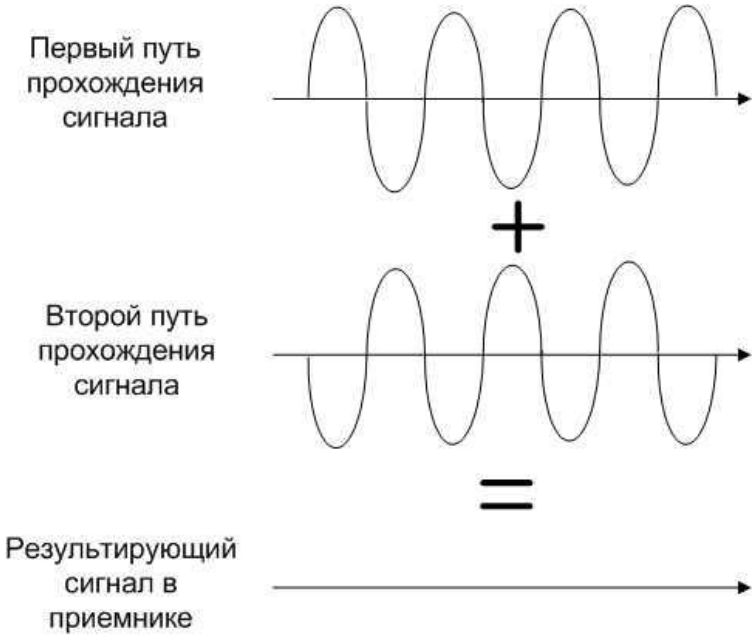

Рисунок 1.4 – Возникновение нулевой результирующей

1. 9 Временные задержки

Телекоммуникационный сигнал, распространяется от источника по какому либо каналу связи: электрический, оптический кабель или радиоэфир. При этом в зависимости от среды распространения и используемой частоты сигнал будет приходить к получателю с той или иной задержкой. Если задержка для всех посылок сигнала будет постоянна и не превышать определенного максимального порога, то она не влечет за собой каких-либо существенных последствий. Обычно борьбу с небольшими задержками (порядка нескольких сотен микросекунд или миллисекунд) ведут, вводя в структуру сигнала небольшие защитные интервалы. Однако если задержка вызвана переотражением или неоднородностью среды распространения, то задержка может начать изменяться и даже выходить за пределы защитного интервала. Это в свою очередь может привести к наложению двух соседних по времени посылок и потери части информационного потока.

Временные задержки могут оказывать не только вред, но и приносить пользу. В частности в сотовой связи длительность задержки сигнала в радио интерфейсе может говорить о расстоянии находящемся до объекта, т.е. мобильной станции (MS) абонента. Эта информация используется для подстройки мощности излучения передатчика. В стандарте GSM (Global System for Mobile Communications), например, максимальная дальность связи может достигать 35 км. Максимальное значение задержки (Timin gadvance) может быть равно 64 единицам. Соответственно расстояние от базовой станции до абонента может быть определено с точностью до 550 метров. Еще одним полезным приложением временных задержек является возможность предоставления сервиса "Определение местоположения". Если мобильная станция получает сигнал одновременно нескольких базовых станций и зная их

географические координаты, то вычисление местоположения сводится к обычной геометрической задаче. Причем чем от большего числа базовых станций MS получает сигнал, тем более точным может быть определение местоположения, иногда достигая нескольких десятков метров.

1.10 Применение, развитие сети телекоммуникаций связи с использованием технологии WLL CDMA.

WLL (Wireless Local Loop – беспроводная локальная сеть) - фиксированный абонентский беспроводной доступ к услугам телефонной связи и высокоскоростному Интернету (скорость до 5 Мбит/с, а в будущем — до 10 Мбит/с). Среди всех систем WLL наиболее перспективной следует признать цифровую технологию связи CDMA. Бурный рост во всем мире числа смонтированных систем WLL обусловлен рядом их неоспоримых достоинств.

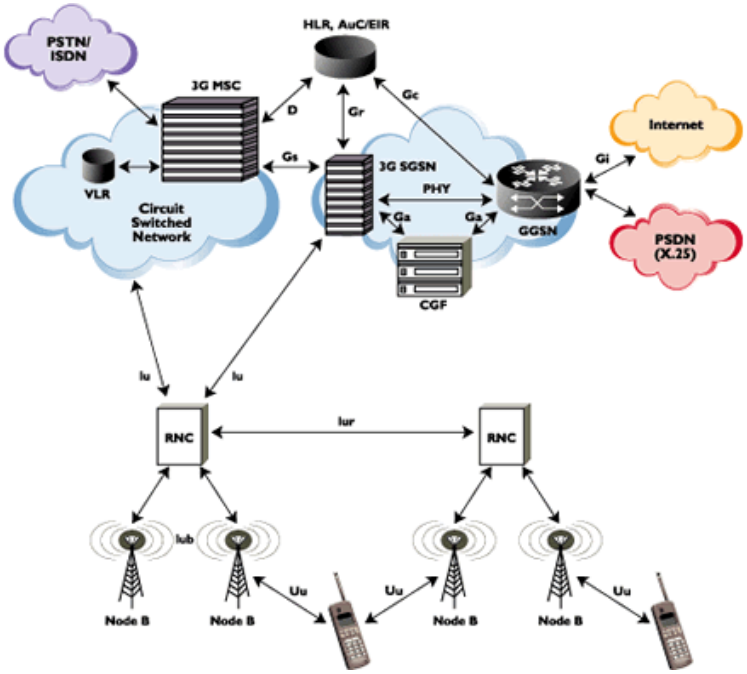

Рисунок 1.5 – Строительством сети сотовой связи формата WCDMA

Простота и быстрота наращивания. Для подключения к системе нового абонента достаточно обеспечить его номером и абонентским терминалом. При дефиците емкости системы ее можно легко расширить дополнительными модулями или подсистемами. Эффективность в условиях низкой плотности абонентов. Стоимость подключения одного абонента в отличие от проводных систем не растет с увеличением расстояния до него (в пределах допустимых радиусов зон обслуживания БС). Поэтому при большом удалении абонентов от АТС беспроводная система становится дешевле проводной. Малые начальные инвестиции. Проводная инфраструктура требует крупномасштабных инвестиций, которые существенно опережают прогнозируемые потребности в количестве абонентских линий и не всегда оказываются оправданными, тогда как беспроводная технология допускает

постепенное инвестирование, точно отвечающее потребностям. К этим достоинствам можно добавить достоинства CDMA сетей: помехоустойчивость, защищенность передаваемых данных, надежность, отличное качество связи, улучшенные характеристики покрытия. В рамках совместного проекта АО «АЛТЕЛ» и АО «Казахтелеком» по развертыванию сети местной связи в труднодоступных районах стало возможным обеспечение телефонной связью более 90 000 семей по всему Казахстану.

Высокая скорость развертывания. Системы WLL позволяют в короткие сроки развернуть систему большой абонентской емкости, ежедневно подключая несколько сотен абонентских терминалов. Это свидетельствует о простоте и удобстве (следовательно, и низких затратах) проведения монтажных работ. Отсутствие ограничений на тип и рельеф местности. Естественные труднопреодолимые препятствия (реки, болота, сильнопересеченная местность и др.) в значительной степени затрудняют прокладку проводных коммуникаций. В таких случаях гораздо более эффективным решением будет установка систем WLL, благодаря возможности размещения базовых станций (БС) на господствующих высотах, а также использованию ретрансляторов. Внедрение в удаленных населенных пунктах, где прокладка кабеля экономически нецелесообразна.

В Алматинской области в настоящее время по технологии CDMA-450 уже подключено 13 550 абонентов. До конца года планируется подключить еще 1,5 тыс. абонентов. Это в свою очередь позволит охватить беспроводным доступом связи 75% территории области и решить вопрос телефонизации сел, где имеется не более 1-2 телефонов общественного доступа. В будущем году установка базовых станций в СНП предусматривает введение в регионе дополнительных 25 500 номеров. В итоге будет образована зона безотказных установок телефонов, практически на всей территории Алматинской области.

Для технического решения телефонизации сельских населенных пунктов технология CDMA является наиболее оптимальной. Использование WLL CDMA значительно упрощает проектирование и позволяет с высокой скоростью разворачивать сеть. Предлагаемая технология WLL CDMA, которая очень удобна для скорейшего решения проблемы полной телефонизации наших сел. Это одновременно экономичная технология в сравнении, скажем, с кабельной телефонией и перспективная технология с позиции построения сетей третьего поколения. Зона покрытия базовой станции CDMA-450 в сельской местности составляет 25-35 км. Одна такая станция в состоянии обслуживать до 1 тыс. абонентов.

Поскольку кабели имеют свойство быстро физически изнашиваться, а качество и номенклатура проводного доступа далеко не всегда соответствуют ожиданиям, проблема организации абонентской сети (последней мили) уже давно стала головной болью многих операторов. Сети Wireless Local Loop свободны от многих перечисленных недостатков и имеют следующие преимущества:

- простота и гибкость при расширении сети. Возможность сравнительно легкой трансформации в сеть мобильной связи;

- низкая стоимость оборудования, малый срок окупаемости системы (около четырех лет) и в несколько раз более низкая стоимость десятилетнего жизненного цикла. При использовании беспроводной технологии основные затраты приходятся на оборудование, цены на которое неуклонно падают. Уже сегодня в ряде случаев радиодоступ является выгодной альтернативой проводному решению. Стоимость системы WLL, использующей радиоканалы, не зависит от длины кабеля, состояния грунтов, наличия водных поверхностей и заболоченных участков в пределах зоны обслуживания. К тому же абонентская сеть, построенная на медном или волоконно-оптическом кабеле, представляет собой довольно громоздкое хозяйство, требующее, как правило, длительного поэтапного внедрения и значительных капитальных затрат;

- высокая скорость ввода в эксплуатацию и значительно меньшая трудоемкость работ по подключению. WLL позволяют в короткие сроки развернуть систему большой абонентской емкости, с ежедневным подключением десятков и сотен абонентских устройств. Это, во-первых, имеет большое значение для операторов связи в условиях жесткой конкуренции на рынке телекоммуникационных услуг, когда важно опередить возможных конкурентов и как можно быстрее получить отдачу от вложенных средств. А во-вторых, обеспечивает простоту и удобство (а следовательно, и низкие затраты) проведения монтажных работ;

- простота и быстрота наращивания. Для подключения к системе нового абонента достаточно обеспечить его абонентским устройством. При росте системы ее можно легко расширить дополнительными абонентскими модулями и оборудованием базовых станций;

- гибкая политика инвестирования создаваемой сети. Проводная инфраструктура требует крупномасштабных инвестиций, которые существенно опережают прогнозируемые потребности в количестве абонентских линий и не всегда оказываются оправданными, тогда как беспроводная технология допускает пошаговое инвестирование мелкими долями, что позволяет более точно отслеживать прогнозируемые потребности. Невысокий процент использования каждой абонентской пары на местных сетях делает неэффективными и малопривлекательными для инвесторов крупные капиталовложения и снижает окупаемость кабельных систем. Любое расширение сети требует очень больших инженерных работ на кабельных трассах, а прокладка и организация линий связи становится сложной проблемой, особенно в старых городах, и требует повышенных капитальных затрат в сельской местности;

- отсутствие ограничений по рельефу местности. Передача сигнала обеспечивается независимо от рельефа местности благодаря возможности размещения БС на господствующих высотах и/или использованию ретрансляторов;

- высокая надежность. Количество отказов WLL составляет не более 6-10% от числа отказов кабельной сети.

В настоящее время к WLL относят два типа систем: с фиксированным доступом (стационарные) и с ограниченной степенью мобильности (средняя скорость пешехода). Сегодня на рынке появилось много систем абонентского радиодоступа, принципиально отличающихся друг от друга архитектурой, техническими параметрами и, главное, типами решаемых задач. Стандартной классификации систем WLL не существует, однако систематизировать существующие решения по основным характеристикам сегодня уже возможно.

Таблица 1.1 - Классификация систем WLL CDMA

Признаки	Характеристики и параметры
Способ передачи	Аналоговые, цифровые
Тип пользователей	Фиксированный доступ, мобильность со скоростью пешехода
Способ реализации	Гибридный (частично проводной), беспроводной
Технология	Сотовые, транкинговые и бесшнуровые технологии, на базе систем «точка — много точек», специализированные
Архитектура	Микросотовые, зоновые, «точка — много точек», сотовые
Множественный доступ	Множественный доступ с кодовым (CDMA) разделением
Топология	Радиальные, типа «дерево»

1.11 Планирование сети

Сеть CDMA 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 CDMA 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. Ну и закономерно вызывало и вызывает на первых порах со стороны последних настороженное отношение.

Ниже мы проведем исследование функциональной зависимости параметров сети.

Бюджет линии связи предназначен, для того, чтобы произвести необходимые расчеты: отношения принятой битовой энергии к температурному шуму и плотности интерференции, основанные на мощности передатчика, коэффициентов усиления передающей и приемной антенн,

значении принятых шумов, емкости канала, а также распространении сигнала и интерферирующей среды.

Расчет бюджета линии связи необходим для анализа трафик каналов прямого и обратного соединений, пилот - канала, канала поискового вызова и канала синхронизации.

2 Выбор оборудования и его технические характеристики

2.1 Оборудование фирмы Huaiwei Technologies.

Оборудование фирмы Huaiwei Technologies.

При выборе аппаратуры учитываются параметры как цена, качество и т.д.

В нашей стране известны такие торговые марки, как: NortelNetworks, Ericsson, HuaweiTechnologies, LucentTechnologies и ZTECompany. Эти компании занимаются производством аппаратур для систем передач на базе стандарта CDMA. По качеству все компаний предлагают товар высокого качества, которые хорошо зарекомендовали среди отечественных организаций, в той или иной степени нуждавшихся в их услугах. Однако при анализе тендерных закупок аппаратур, некоторых отечественных организации, для сети WLL компания ZTE предлагала самые выгодные цены и услуги. Так цены на аппаратуру были дешевле на 30~50, % чем у остальных производителей. Цены приведены в приложении А.

1) Контроллер базовой станции BSC системы HuaiweiCDMA2000 1X состоит из следующих модулей:

a) подсистема маршрутизатора высокоскоростного подключения (HIRS);

b) подсистема селектора/вокодера (SVBS);

c) подсистема сервиса пакетных данных (PCFS);

d) подсистема обработки вызовов (CPS);

e) подсистема эксплуатации и обслуживания базовой станции (BSM).

Его структурная схем приведена на рисунке 2.1

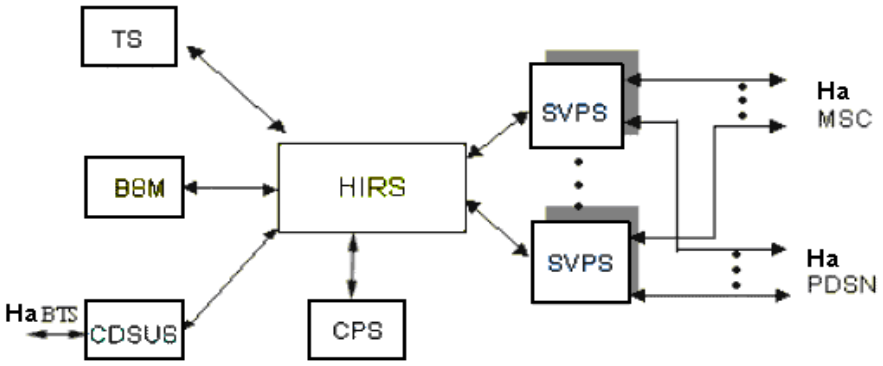

Рисунок 2.1 – Структурная схема контроллера базовой станции

Основная функция контроллера базовой станции – управление беспроводной сетью, ресурсами обслуживание оборудования базовой станции (BSS), обработка вызовов, проверка выполнения эстафетной передачи мобильной станции (MS) и голосового кодирования.

2) Базовая станция BTS системы мобильной связи Huaiwei CDMA2000 1X состоит из следующих модулей:

a) подсистема цифровой передачи (BDS);
b) радиочастотная подсистема (RFS);
c) частотно – временная подсистема (TFS).

BTS выполняет беспроводную передачу и соответствующие контрольные функции под управлением BSC.

3) Центр мобильной коммутации MSC/VLR системы связи ZTE CDMA2000 1X состоит из модулей:

a) коммутации сообщений (MSM);
b) сети (SNM);
c) эксплуатации и обслуживания (OMM);
d) обработки MSC/VLR (MPM).

Центр предназначен для того, чтобы коммутировать голосовой трафик и осуществлять функции сигнализации, контроля мобильной станции (MS) в зоне его охвата и обслуживать в качестве функционального объекта для коммутации голосовых каналов и в качестве интерфейса между мобильной системой и сетью фиксированной связи. Он также выполняет функции сетевого интерфейса, сигнальной системы обычных каналов и биллинга;

4) Узел HLR/AUC мобильной связи ZTE CDMA2000 1X состоит из:

a) сигнального модуля предварительной обработки данных (CPM);
b) модулей обработки (SPM);
c) модуля Баз Данных (DBM);
d) модуля эксплуатации и обслуживания (OMM).

5) Сервер и секторная антенна.

В качестве сервера служит компьютер любого производителя с загруженной операционной системой Windows и программным обеспечением для управления основными параметрами сети ZXC (v: x).

Для обеспечения зоны покрытия радиосигналом. Одна антенна охватывает зону в 120^0 градусов в периметре, для кругового покрытия потребуется три таких антенн.

Антенна может находится на мачте либо на здании. В дипломном проекте, для организации беспроводной связи по данной технологии антенна может располагаться в любом мете. Для осуществления поставленной задачи необходимы технические характеристики оборудования, расчеты зоны покрытия, радиус соты.

Выше перечисленное оборудование необходимо для организации одной зоны покрытия. Для соединения этих зон между собой в единую сеть

потребуется либо кабельные системы связи, либо радиорелейные системы связи.

2.2 Радиоблок BRS

BRS представляет собой систему радиосвязи, характеризующуюся оптимальным конструктивным исполнением и обеспечивающую великолепную зону покрытия беспроводной связью, удобство при развертывании, быстроту установки и низкие затраты на техническое обслуживание.

Система состоит из следующих блоков:

– радиоблок базовой станции (BRB);

– антенн базовой станции (BRA).

Количество устанавливаемых блоков BRB / BRA зависит от количества секторов, подлежащих покрытию одной BS. Для BS, предназначенной для обслуживания *n* секторов в одной соте, количество элементов наружного блока BRS составляет *n* блоков BRB, *n* блоков BRA и *n* трасс коаксиальных кабелей.

Рисунок 2.2 - BRS для 3 секторов, установленная на мачту

Описание:

– Антенна с покрытием сектора в 90^0 (или иной конфигурацией по заказу) с вертикальной и горизонтальной поляризацией.

– Компактный, легкий радиоблок с секторной антенной и большим коэффициентом усиления для 26/28 ГГц.

– Для передачи данных, электропитания и сигналов управления от внутреннего модуля используется один коаксиальный кабель. Полное управление BRS от LCT и wBBMS.

– Возможность установки на мачте или на стене.

– Оптимальная конфигурация монтажного кронштейна обеспечивает простоту установки, юстировки и удержания ориентации и замены.

Алюминевый корпус, выполненная литьем под давлением, характеризуется максимальной прочностью и минимальными расходами на техническое обслуживание.

Антенны, обслуживающие мобильную станцию, модель 742215 компании “KathreinScalaDevision” работающие в частотном диапазоне от 1710 до 2200 МГц и предназначены для работы с 3G сетями. Усиление антенн 18дБи. Диаграмма направленности 65 градусов. Диаграммы направленности предоставлены на рисунке 2.

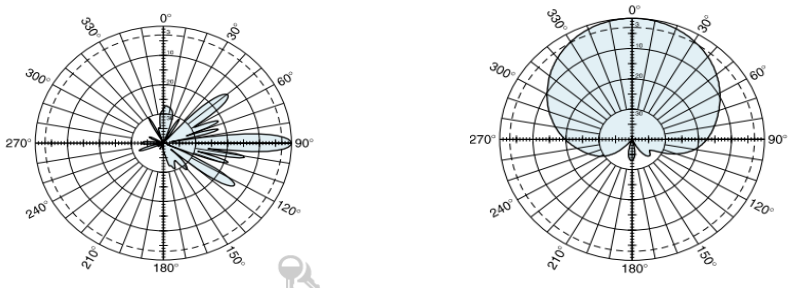

Рисунок 2.3 – Горизонтальная и вертикальная диаграммы направленности

Модель радиорелейных антенн, используемых в работе, имеет пропускную способность 34 Мбит/с и превосходит максимально возможную пропускную способность выбранной технологии WCDMA 14.4 Мбит/с..

Структура оптимальной подсистемы радиодоступа сети WCDMA

При заданных характеристиках БС их минимальное число в подсистеме радиодоступа будет обеспечиваться при условии преимущественного расположения БС в центрах областей высокой нагрузки (в «пиках» нагрузки). Действительно, для обслуживания всей нагрузки в сети в ЧНН требуется определенная суммарная мощность, обеспечиваемая всеми БС сети. Если базовые станции будут располагаться преимущественно в «пиках» нагрузки, то мощность каждой из них будет в максимальной степени использоваться для ее обслуживания, так как в этом случае расстояния между абонентскими станциями (АС) и обслуживающими их базовыми станциями будут в среднем меньше, чем в случае любого другого расположения БС. Очевидно, что при этом, общее число БС, обеспечивающих требуемую суммарную мощность для обслуживания всей нагрузки в сети, будет минимально.

Все данные полученные экспериментальным путем обработаны с помощью программного обеспечения и выведены в табличный вариант. Проведена выборка данных на отдельные группы по скорости перемещения мобильной станции, по направлению к антенне и от нее. Были выбраны участки, где передача данных была зафиксирована. Игнорировались моменты

установления и завершения соединения. Для каждой группы были рассчитаны: математическое ожидание, среднее квадратичное отклонение и коэффициент вариабельности и их результаты сведены в таблицу 1.1 и таблицу 2.1

Таблица 2.1 – Скорость передачи данных при движении от секторной антенны

	Математическое ожидание кбит/с	Среднее квадратическое отклонение кбит/с	коэффициент вариабельности
1 до 20км/ч	955	390	0,408
21 до40 км/ч	1300	472	0,363
41 до 60 км/ч	1157	452	0,391
61 до 80 км/ч	1148	618	0,539
81 до 100 км/ч	1337	499	0,373

Таблица 2.2 – Скорость передачи данных при движении от секторной антенны

	Математическое ожидание кбит/с	Среднее квадратическое отклонение кбит/с	коэффициент вариабельности
1 до 20 км/ч	1029	474	0,461
21 до40 км/ч	1131	437	0,386
41 до 60 км/ч	1077	550	0,510
61 до 80 км/ч	935	546	0,584
81 до 100 км/ч	1356	587	0,433

Из таблиц 2.2 видно, что коэффициент вариабельности при скорости движения 21-40 км/ч и 81-100 км/ч наименьший и стабильность передачи данных выше.

По полученным данным построены гистограммы рисунки 2.4,2.5.

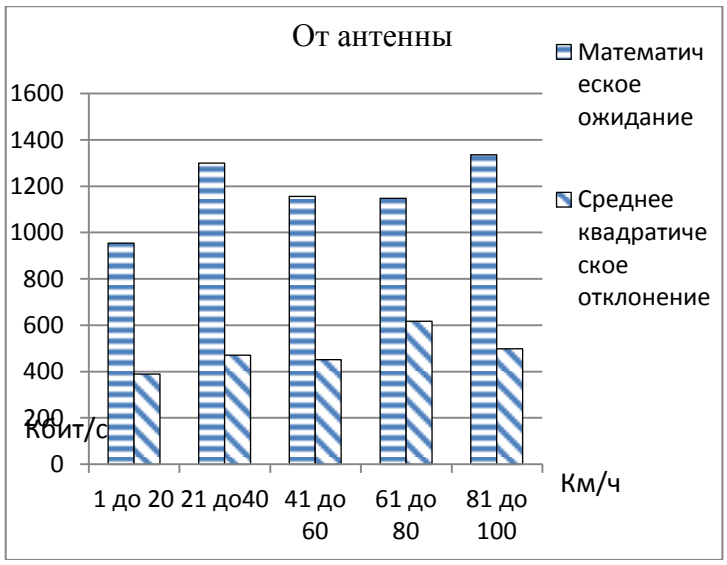

Рисунок 2.4 – Гистограмма зависимости скорости перемещении абонента на передачу данных при движении от антенны

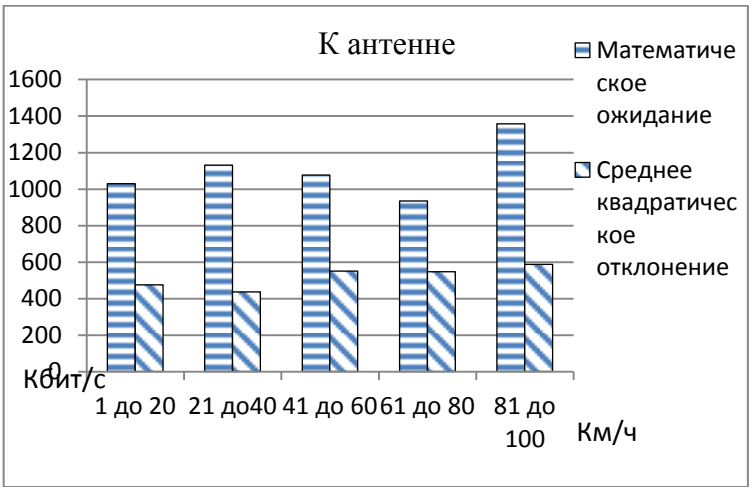

Рисунок 2.5 – Гистограмма зависимости скорости перемещении абонента на передачу данных при движении к антенне

Полученные результаты на рисунке 3,4 показывают, что при движении мобильной станции по направлению от антенны, скорость передачи данных более стабильна, а среднее квадратическое отклонение значительно меньше, чем при движении к антенне.

На рисунке 2.6 представленно сравнение скорости передачи данных от направления движения абонентской станции.

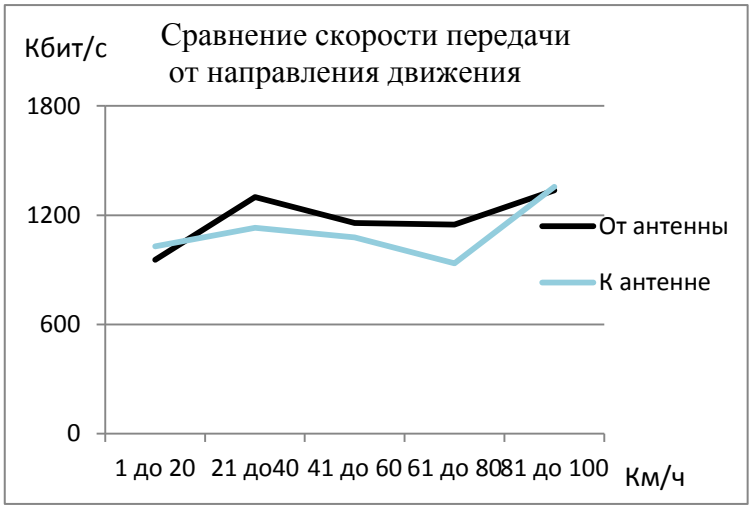

Рисунок 2.6 – Сравнение скорости передачи от направления движения

Из рисунка 2.6 видно, что при скорости движения 21-81 км/ч от антенны передача данных ведется интенсивнее на 100-200 кбит/с. Сравнение скорости передачи от направления движения от антенны к антенне.

3 Расчетная часть

3.1 Расчет прямого канала

Для вычисления эффективного отношения сигнал/шум для пилот - канала, канала синхронизации, канала поискового вызова, необходимо вычислить мощность принятого сигнала и принятой интерференции по каждому каналу. Нижеприведенные расчеты позволят произвести анализ каналов прямого соединения

3.1.1 Эффективная мощность излучения трафик - канала

$$p_t = \frac{P_t}{N_t C_f} \tag{3.1}$$

или

$$p_t = P_t - 10\log N_t - 10\log C_f, \text{ дБм} \tag{3.2}$$

где p_t – эффективная мощность излучения (ЭМИ) трафик канала (дБм);

P_t – ЭМИ всех трафик каналов от передающей антенны базовой станции (дБм);

N_t – число трафик каналов поддерживаемое одной сотой;

C_f – коэффициент активности речи.

$$p_t = 57 - 10\log 20 - 10\log 0.35 = 57 - 13.01 + 4.56 = 48.55\text{, дБм}$$

3.1.2 Мощность приходящиеся на одного абонента (мобильную станцию)

$$p_u = p_t - G_t - L_c\text{, дБм} \qquad (3.3)$$

где p_u – мощность в трафик канале на одного абонента (дБм);

G_t – коэффициент усиления передающей антенны базовой станции(dB);

L_c – потери в фидере базовой станции (дБ).

$$p_u = 48.55 - 14 + 2.5 = 37.05 \text{ дБм.}$$

3.1.3 Полная мощность базовой станции

$$Pc = 10\log\left[10^{0.1Pt} + 10^{0.1Ps} + 10^{0.1Pp} + 10^{0.1Ppg}\right], \qquad (3.4)$$

где p_s – мощность канала синхронизации;

p_p - мощность пилот канала;

p_{pg} – мощность поискового канала

$$Pc = 10\log\left[10^{0.1\cdot 5.7} + 10^{0.1\cdot 51.5} + 10^{0.1\cdot 46.94} + 10^{0.1\cdot 41.5}\right] = 58.49\,дБм$$

3.1.4 Усилитель мощности базовой станции

$$P_a = P_c - G_t - L_c\text{, дБм} \qquad (3.5)$$

где P_a – полная мощность всех трафик каналов, пилот канала, поискового канала, и канала синхронизации на выходе усилителя;

P_c – полная излучаемая мощность базовой станции (дБм);

$P_a = 58.49 - 14 + 2.5 = 46.99$ дБм

3.1.5 Полная мощность принятая мобильной станцией

$$p_m = P_c + L_p + A_l + G_m + L_m\text{, дБм} \qquad (3.6)$$

где p_m – полная мощность принятая мобильной станцией (дБм);

L_p – средние потери на трассе между базовой станцией и мобильной (дБ);

A_l – допуск на теневые потери (дБ);

G_m – коэффициент усиления (на приеме) антенны мобильной станции (dB),

L_m – потери в кабеле мобильной станции (дБ).

$$p_m = 58.49 – 146 – 6.2 + 0 – 3 = –96.71 \text{ дБм}$$

3.1.6 Принятая мощность трафик - канала

$$p_{tr} = p_t + L_p + A_l + G_m + L_m, \text{ дБм} \quad (3.7)$$

где p_{tr} – принятая мобильной станцией мощность трафик канала от базовой станции.

$$p_{tr} = 48.55 – 146 – 6.2 + 0 – 3 = -106.65 \text{ дБм}$$

3.1.7 Принятая мощность пилот – канала

$$p_{pr} = p_p + L_p + A_l + G_m + L_m, \text{ дБм} \quad (3.8)$$

где p_{pr} - принятая мобильной станцией мощность пилот канала от базовой станции.

$$p_{pr} = 51.5 – 146 – 6.2 + 0 – 3 = -103.7 \text{ дБм}$$

3.1.8 Принятая мощность поискового канала

$$p_{pgr} = p_{pg} + L_p + A_l + G_m + L_m, \text{ дБм} \quad (3.9)$$

где p_{pgr} - принятая мобильной станцией мощность поискового канала от базовой станции.

$$p_{pgr}=46.94 – 146 – 6.2 + 0 – 3 = -108.26 \text{ дБм}$$

3.1.9 Принятая мощность канала синхронизации

$$p_{sr} = p_s + L_p + A_l + G_m + L_m, \text{ дБм} \quad (3.10)$$

где p_{sr} - принятая мобильной станцией мощность канала синхронизации от базовой станции.

$$p_{sr} = 41.5 – 146 – 6.2 + 0 – 3 = -113.7 \text{ дБм}$$

3.1.10 Интерференция от других пользователей в трафик – канале

$$I_{ut} = 10\log[10^{0.1p}{}_m – 10^{0.1p}{}_{tr}] – 10\log B_w, \text{ дБм /Гц} \quad (3.11)$$

где I_{ut} – плотность интерференции создаваемой другими абонентами в трафик канале (дБм /Гц);

B_w – ширина канала (Гц).

$$I_{ut} =10\log[10^{-9.671} – 10^{-10.665}] - 10\log(1.2288 \cdot 10^6) = -158.07 \text{ дБм/Гц}$$

3.1.11 Интерференция создаваемая другими базовыми станциями в трафик - канале

$$I_{ct} = I_{ut} + 10\log\left[\frac{1}{f_r} - 1\right], \qquad (3.12)$$

где I_{ct} – плотность интерференции создаваемой другими базовыми станциями в трафик канале (дБм /Гц),

f_r – коэффициент переиспользования частоты (f_r = 0.65).

$$I_{ct} = -158.07 + 10\log\left[\frac{1}{0.65} - 1\right] = -160.76 \text{ дБм} / Гц$$

3.1.12 Плотность интерференции для трафик - канала

$$I_t = 10\log\left[10^{0.1 I_{ut}} + 10^{0.1 I_{ct}}\right], \qquad (3.13)$$

где I_t – плотность интерференции в канале трафика (дБм/Гц).

$$I_t = 10\log\left[10^{0.1\cdot(-158.07)} + 10^{0.1\cdot(-160.76)}\right] = -156.21 \; дБм / Гц$$

3.1.13 Интерференция от других абонентов (той же базовой станции) в пилот - канале

$$I_{up} = p_m - 10\log B_w, \qquad (3.14)$$

где I_{up} - плотность интерференции от других абонентов в пилот канале (dBm/Hz).

$$I_{up} = -96.71 - 10\log(1.2288 \cdot 10^6) = -112.19 - 60.89 = -157.61 \text{ дБм/Гц}$$

3.1.14 Интерференция создаваемая другими базовыми станциями в пилот – канале

$$I_{cp} = I_{up} + 10\log\left[\frac{1}{f_r} - 1\right], \qquad (3.15)$$

где I_{cp} – плотность интерференции создаваемой другими базовыми станциями в пилот канале (дБм/Гц).

$$I_{cp} = -157.61 + 10\log\left[\frac{1}{0.65} - 1\right] = -160.3 \; дБм / Гц$$

3.1.15 Плотность интерференции для пилот - канала

$$I_p = 10\log\left[10^{0.1 I_{up}} + 10^{0.1 I_{cp}}\right], \qquad (3.16)$$

где I_p – плотность интерференции для пилот канала (dBm/Hz).

$$I_p = 10\log\left[10^{0.1\cdot(-157.61)} + 10^{0.1\cdot(-160.3)}\right] = -155.73\ дБм/Гц$$

3.1.16 Интерференция от других абонентов (той же базовой станции) в поисковом канале

$$I_{upg} = 10\log[10^{0.1p}{}_m - 10^{0.1p}{}_{pgr}] - 10\log B_w, \qquad (3.17)$$

где I_{upg} плотность интерференции от других абонентов в поисковом канале (dBm/Hz).

$$I_{upg} = 10\log[10^{0.1\cdot(-96.71)} - 10^{0.1\cdot(-108.26)}] - 10\log(1.2288\cdot 10^6) =$$

$$= 10\log(-8.89\cdot 10^{-12}) - 60.89 = -157.92\ дБм/Гц$$

4.1.17 Интерференция создаваемая другими базовыми станциями в поисковом канале

$$I_{cpg} = I_{upg} + 10\log\left[\frac{1}{f_r} - 1\right], \qquad (3.18)$$

где I_{cpg} – плотность интерференции создаваемой другими базовыми станциями в поисковом канале (дБм/Гц).

$$I_{cpg} = -157.92 + 10\log\left[\frac{1}{0.65} - 1\right] = -160.61\ дБм/Гц$$

3.1.18 Плотность интерференции для поискового канала

$$I_{pg} = 10\log\left[10^{0.1I_{upg}} + 10^{0.1I_{cpg}}\right], \qquad (3.19)$$

где I_{pg} – плотность интерференции для поискового канала (дБм/Гц).

$$I_{pg} = 10\log\left[10^{0.1\cdot(-157.92)} + 10^{0.1\cdot(-160.61)}\right] = -156.05\ дБм/Гц$$

3.1.19 Интерференция от других абонентов (той же базовой станции) в канале синхронизации

$$I_{us} = 10\log[10^{0.1p}{}_m - 10^{0.1p}{}_{sr}] - 10\log B_w, \qquad (3.20)$$

где I_{us} плотность интерференции от других абонентов в канале синхронизации (dBm/Hz).

$I_{us} = 10\log[10^{0.1\cdot(-96,71)} - 10^{0.1\cdot(-113.7)}] - 10\log(1.2288\cdot 10^6) = -96.8 - 60.89 = = -157.69$ дБм/Гц

3.1.20 Интерференция создаваемая другими базовыми станциями в канале синхронизации

$$I_{cs} = I_{us} + 10\log\left[\frac{1}{f_r} - 1\right], \qquad (3.21)$$

где I_{cs} – плотность интерференции создаваемой другими базовыми станциями в канале синхронизации (дБм/Гц).

$$I_{cs} = -157.69 + 10\log\left[\frac{1}{0.65} - 1\right] = -160.38\ дБм/Гц$$

3.1.21 Плотность интерференции для канала синхронизации

$$I_s = 10\log\left[10^{0.1I_{us}} + 10^{0.1I_{cs}}\right], \qquad (3.22)$$

где I_s – плотность интерференции для канала синхронизации (дБм/Гц).

$$I_s = 10\log\left[10^{0.1(-157.69)} + 10^{0.1(-160.38)}\right] = -155.582\ дБм/Гц$$

3.1.22 Температурный шум

$$N_0 = 10\log(290 \cdot 1.38 \cdot 10^{-23}) + N_f + 30, \qquad (3.23)$$

где N_0 – плотность температурного шума (дБм/Гц);

N_f – значение шума в приемнике мобильной станции (дБ).

$$N_0 = 10\log(290 \cdot 1.38 \cdot 10^{-23}) + 8 + 30 = -165.98 \text{ дБм/Гц}$$

3.1.23 Отношение сигнал/шум + интерференция в трафик - канале

$$\frac{E_b}{N_0 + I_t} = p_{tr} - 10\log b_{rt} - 10\log[10^{0.1I_t} + 10^{0.1N_0}], \qquad (3.24)$$

где p_{tr} – скорость передачи данных в трафик канале (бит/с).

$$\frac{E_b}{N_0 + I_t} = -106.65 - 10\log(9600) - 10\log[10^{0.1(-156.21)} + 10^{0.1(-165.98)}] = -106.65 - 39.82 +$$
$$+155.78 = 9.31\ дБ$$

3.1.24 Отношение сигнал/шум + интерференция в пилот - канале

$$\frac{E_b}{N_0 + I_t} = p_{pr} - 10\log B_w - 10\log[10^{0.1I_p} + 10^{0.1N_0}] \qquad (3.25)$$

$$\frac{E_b}{N_0+I_t}=-103.7-60.69-10\log[10^{0.1(-155.73)}+10^{0.1(-165.98)}]=-164.39+155.34=-9.05\,дБ$$

3.1.25 Отношение сигнал/шум + интерференция в поисковом канале

$$\frac{E_b}{N_0+I_t}=p_{pgr}-10\log b_{rpg}-10\log[10^{0.1I_{pg}}+10^{0.1N_0}], \qquad (3.26)$$

где p_{pgr} – скорость передачи данных в поисковом канале (бит/с).

$$\frac{E_b}{N_0+I_t}=-108.26-10\log(9600)-10\log[10^{0.1(-156.05}+10^{0.1(-165.98)}]=7.54\ дБ$$

3.1.26 Отношение сигнал/шум + интерференция в канале синхронизации

$$\frac{E_b}{N_0+I_t}=p_{sr}-10\log b_{rs}-10\log[10^{0.1I_S}+10^{0.1N_0}], \qquad (3.27)$$

где p_{rs} – скорость передачи данных в канале синхронизации (бит/с).

$$\frac{E_b}{N_0+I_t}=-113.7-10\log(9600)-10\log[10^{0.1(-155.82)}+10^{0.1(-165.98)}]=$$
$$=-153.5+165.61=2\ дБ$$

Программа расчета прямого канала на MathCAD 15 в Приложении А.

3.2 Расчет обратного канала

3.2.1 Усилитель мощности мобильной станции

$$P_{ma}=P_{me}-G_m-L_m, \qquad (3.28)$$

где P_{ma} – выходная мощность на выходе усилителя (дБм);

P_{me} – полная излучаемая мощность антенны мобильной станции (дБм);

G_m – коэффициент усиления передающей антенны мобильной станции (дБ);

L_m – потери в кабеле мобильной станции (дБ).

$$p_{ma}=p_{me}+G_m-L_m=20-0-(-3)=23дБм$$

3.2.2 Мощность принятая базовой станцией от одного абонента

$$P_{cu} = P_{me} + L_p + A_l + G_t + L_t, \text{ дБм} \quad (3.29)$$

где P_{cu} – мощность принятая базовой станцией по каналу трафика от мобильной станции (дБм);

L_p – средние потери на трассе между базовой станцией и мобильной (дБ);

A_l – допуск на теневые потери (дБ);

G_t – коэффициент усиления (на приеме) антенны базовой станции (дБ);

L_t – потери в кабеле базовой станции (дБ).

$$P_{cu} = 20 – 146 – 6.2 + 14 –2.5 = -120.7 \text{ дБм}$$

3.2.3 Плотность интерференции создаваемой другими абонентами в данной базовой станции

$$I_{utr} = P_{cu} + 10\log(N_t – 1) + 10\log C_a – 10\log B_w, \quad (3.30)$$

где I_{utr} – плотность интерференции создаваемой другими мобильными станциями (дБм/Гц);

C_a – коэффициент активности речи в канале (C_a=0.4 – 0.6);

N_t – число трафик каналов имеющихся в одной базовой станции.

$$I_{utr} = -120.7 + 10\log(20 – 1) + 10\log0.6 + 10\log(1.2288\cdot10^6) =$$

$$= -171.03 \text{ дБм/Гц}$$

3.2.4 Плотность интерференции создаваемой другими абонентами других базовых станций

$$I_{ctr} = I_{utr} + 10\log\left[\frac{1}{f_r} - 1\right], \quad (3.31)$$

где I_{ctr} – плотность интерференции от мобильных станций других базовых станций (дБм/Гц);

f_r – коэффициент повторного использования частот (f_r = 0.65).

$$I_{ctr} = -171.03 + 10\log\left[\frac{1}{0.65} - 1\right] = -172.79 \ \ дБм / Гц$$

3.2.5 Плотность интерференции создаваемой другими абонентами других базовых станций и данной базовой станции

$$I_{tr} = 10\log\left[10^{0.1I_{utr}} + 10^{0.1I_{ctr}}\right], \qquad (3.32)$$

где I_{tr} - плотность интерференции создаваемой другими абонентами других базовых станций и данной базовой станции (дБм/Гц).

$$I_{tr} = 10\log\left[10^{0.1(-171.03)} + 10^{0.1(-172.79)}\right] = -168.8 \quad дБм/Гц$$

3.2.6 Плотность температурного шума

$$N_0 = 10\log(290 \cdot 1.38 \cdot 10^{-23}) + N_f + 30, \qquad (3.33)$$

где N_0 – плотность температурного шума (дБм/Гц);

N_f – значение шума в приемнике мобильной станции (дБ).

$$N_0 = 10\log(290 \cdot 1.38 \cdot 10^{-23}) + 5 + 30 = -168.98 \text{ дБм/Гц}$$

3.2.7 Отношение сигнал/шум + интерференция в трафик канале

$$\frac{E_b}{N_0 + I_t} = P_{cu} - 10\log b_{rr} - 10\log[10^{0.1I_{tr}} + 10^{0.1N_0}], \qquad (3.34)$$

где b_{rr} – скорость передачи данных в трафик канале обратного соединения (бит/с).

$$\frac{E_b}{N_0 + I_t} = -120.7 - 10\log(9600) - 10\log[10^{0.1(-168.8} + 10^{0.1(-168.98)}] = 5.35 \quad дБ$$

Программа расчета обратного канала на MathCAD 15 в продолжении Приложении А.

3.3 Анализ емкости базовой станции

CDMA обладает некоторыми атрибутами способствующими к увеличению емкости станции:

- учет активности речи. Обычная средняя активность речи абонента составляет 35% от полного времени его разговора. Остальное время занимают паузы, в течении которых абонент слушает собеседника. В CDMA все абоненты занимают один радиоканал. Поэтому когда кто-то из них не разговаривает, то создается меньше помех. Таким образом, сокращение активности речи уменьшает взаимные помехи, что позволяет увеличить емкость канала до трех раз. CDMA – единственная технология, использующая преимущества этого явления;

- увеличение канальной емкости за счет использования секторных антенн (секторизация). В FDMA и TDMA каждая сота делится на секторы для того, чтобы влияние интерференционных помех. В результате транкинговая эффективность разделенных каналов в каждой соте ухудшается. В CDMA

секторизация применяется для увеличения емкости путем организации трех радиоканалов в трех секторах, и, таким образом, емкость увеличивается в три раза по сравнению с теоретической емкостью при использовании одного радиоканала в соте. Поэтому имеется возможность подключить дополнительного абонента, при этом качество воспроизведения речи ухудшается незначительно по сравнению с обычным режимом. Например если в соте 40 каналов и добавляется еще один, то разница в отношении несущая/интерференция E_b/N_0 составляет всего 10log(40+1)/40=0,24 дБ;

- большим преимуществом CDMA перед остальными системами является то, что CDMA может многократно использовать полный спектр всех сот;

В случае когда количество абонентов равно N, базовая станция принимает сигнал состоящий из необходимого нам сигнала с мощностью C и N-1 интерферирующих сигналов также с мощностью C. Отсюда отношение несущая к интерференции может быть выражен

$$\frac{C}{I} = \frac{C}{(N-1)C} = \frac{1}{N-1}, \qquad (3.35)$$

где C – уровень мощности требуемого сигнала

I – уровень мощности интерференции.

Из (3.34) можно определить

$$N = \frac{1}{C/I} + 1 \qquad (3.36)$$

В отличие от систем FDMA и TDMA, в системе CDMA нас больше интересует отношение E_b/N_0 чем отношение C/I.

Допустим что:

R – скорость передачи данных (в нашем случае 9600 bps)

W – ширина канала (1.25 MHz)

Отношение между C/I и E_b/N_0 может быть выражено как

$$\frac{C}{I} = \frac{R \cdot E_b}{W \cdot (N_0 + I_{tr})} \qquad (3.37)$$

Перемножая (3.36) и (3.37), получаем

$$N = \frac{W/R}{\left(E_b/N_0 + I_{tr}\right)} + 1 \qquad (3.38)$$

Выражение (3.38) определяет максимальное число абонентов в системе CDMA в зависимости от минимальной величины E_b/N_0 необходимой для

нормальной работы системы, которая для передачи цифрового голоса подразумевает BER (Коэффициент Битовой Ошибки) равны 10^{-3} или меньше.

$$N = \frac{W/R}{\left(E_b/N_0 + I_{tr}\right)} \cdot \frac{1}{VAF} + 1 \qquad (3.39)$$

С учетом повторного использования частоты:

$$N = \frac{W/R}{\left(E_b/N_0 + I_{tr}\right)} \cdot \frac{F}{VAF} + 1 \qquad (3.40)$$

С учетом секторизации:

$$N = (\frac{W/R}{\left(E_b/N_0 + I_{tr}\right)} \cdot \frac{F}{VAF} + 1)G \qquad (3.41)$$

Формула (3.40) является конечной формулой для расчета емкости одной соты

где F=0.65 – эффективность многократного использования частоты;

VAF=0.35 – средняя активность речи абонента;

G – коэффициент секторизации, для 120° секторизации G=3.

$$N = \left[\frac{1.25 \cdot 10^6 / 9600}{5.35} \cdot \frac{0.65}{0.35} + 1\right] \cdot 3 = \left(37.96 \cdot 1.86 + 1\right) \cdot 2.55 \approx 139$$

3.4 Исследование радиуса соты

Радиус соты можно получить, найдя расстояние на котором потери при распространении приводят к уровню сигнала равному требуемому, как функции загрузки соты.

Расчет бюджета радиолинии для конкретной соты ведет к нахождению величены максимальных приемлемых потерь при распределении Lmax. Так как потери при распространении пропорциональны длине радиолинии, значение Lmax выражает максимальную дистанцию радиолинии или другими словами эффективный радиус соты или сектора в определенном направлении.

Общее выражение для потерь при распространении в дБ как функции расстояния следующее [1]:

$$L(d_{km}) = L_1 + 10\gamma \log_{10} d_{km} \qquad (3.42)$$

где d_{km} – расстояние в километрах

L_1 – значение потерь для $d_{km} = 1$

γ – закон распределения энергии

На краях соты, $d_{km} = R_{km}$ и потери равны $L_{\max}$. Таким образом, полное выражение для радиуса соты в километрах имеет вид:

$$L_{\max} = L(R_{km}) = L_1 + 10\gamma \log_{10} R_{km} \tag{3.43}$$

Решая общее выражение относительно R_{km} получаем

$$R_{km} = 10^{\frac{L_{\max} - L_1}{10\gamma}} \tag{3.44}$$

или

$$R_{km}(\partial Бкм) = 10\log_{10} R_{km} = \frac{L_{\max} - L_1}{\gamma} \tag{3.45}$$

Таким образом, для нахождения отношения между радиусом соты и количеством трафика в соте, необходимо найти выражения для максимальных потерь при распределении $L_{\max}$ и подставить в (3.45)

Эмпирическая формула для для потерь была определена МСЭС(ITU-R)

$$\begin{aligned} L(\partial Б) &= 69.55 + 26.16\log_{10} f_{МГц} - a(h_m) - 13.82\log_{10} h_b \\ &+ (44.9 - 6.55\log_{10} h_b)\log_{10} d_{km} - B, \end{aligned} \tag{3.46}$$

где h_b и h_m высоты антенн базовой и мобильной станции в метрах

f_{MHz} центральная частота в МГц

$$a(h_2) = \left\langle (1.1\log_{10} f_{МГц} - 0.7)h_m - (1.56\log_{10} f_{МГц} - 0.8) \right|$$

$B = 30 - 25\log_{10}$ (% площади покрытой зданиями) коррекционный фактор

Формула преобразована из модели условий распространения Хата для малых и средних городов.

Таким образом

$$\begin{aligned} L(\partial Б) &= 69.55 + 26.16\log_{10} f_{МГц} - [(1.1\log_{10} f_{МГц} - 0.7)h_m - (1.56\log_{10} f_{МГц} - 0.8)] \\ &- 13.82\log_{10} h_b + (44.9 - 6.55\log_{10} h_b)\log_{10} d_{km} - [30 - 25\log_{10}(\%)] \end{aligned} \tag{3.47}$$

Воспользуемся типичными значениями обратного канала покрывающего частоты с 452 МГц по 452 МГц, таким образом, центральная

частота f =453 МГц [9] и высотами антенн базовой станции h_b =30 м и мобильного терминала h_m =1,5м, а так же процентом застройки равным 10%

Подставив данные в (4.47) получим

$$L(d_{km}) = 48{,}08 + 35{,}22\log_{10} d_{km} + 25\log_{10}(\%) = \\ = 73{,}08 + 35{,}22\log_{10} d_{km}, _10\% \textit{зданий} \tag{3.48}$$

Таким образом, сравнивая выражения (3.48) и (3.43) находим значения для L_1 и γ,

$$L_1 = 73{,}08 \text{ дБ и } \gamma = 35.22/10 = 3.522 \tag{3.49}$$

Теперь необходимо найти выражение для максимальных потерь при распределении $L_{\max}$ относительно загрузки соты. Для этого необходимо определить зависимость уровня сигнала от загрузки соты.

Обозначим средний уровень сигнала, требуемый при приеме P_s и минимальный необходимый при приеме уровень сигнала в отсутствии интерференции $P_s`$.

В соответствии с идеально отрегулированной по мощности моделью требуемое среднее значение принимаемого сигнала

$$P_s = \frac{P`_s}{1 - M/M_{\max}}, \tag{3.50}$$

где $M/M_{\max}$ отношение количества пользователей в соте (секторе) к максимальному количеству пользователей.

С учетом запаса по мощности в дБм

$$P_S(\textit{дБм}) = P`_S(\textit{дБм}) + M_{\textit{дБ}} - 10\log_{10}(1 - M/M_{\max}), \tag{3.51}$$

где

$$P`_S(\textit{дБм}) = (E_b / N_0)_{req}(\textit{дБ}) + (N_0 W)_c(\textit{дБм}) - (PG)(\textit{дБ}) = \\ = (E_b / N_0)_{req}(\textit{дБ}) - 129.2\ \textit{дБм} \tag{3.52}$$

предположив, что база сигнала PG=128=21.1дБ и шумы приемника базовой станции 5 дБ, следует что $(N_0 W)_c = -108.1$дБм

идеальное максимальное количество пользователей с учетом запаса по мощности:

$$M_{\max}(E_b / N_0; M_{дБ}) = \frac{PG}{(E_b / N_0)_{req} \cdot F \cdot \alpha_r} \cdot \frac{1}{10^{M_{дБ}/10}} \qquad (3.53)$$

отсюда следует, что максимально приемлемые потери при распределении, это потери, при которых при максимальной мощности передатчика мобильного терминала и различных усилениях и потерях не при распределении в обратном канале, приводят к тому, что на базовой станции принимается требуемый уровень сигнала. Выражение, описывающее данное состояние следующее:

$$\begin{aligned} P_S(дБм) &= мощность_перед. + коэф.усиления - потери - L_{\max} \\ &= P_R(дБм)_{без_потерь} - L_{\max} \end{aligned}, \qquad (3.54)$$

где

$$\begin{aligned} P_R(дБм)_{без_потерь} &= мощность_перед. + коэф.усил - потери \\ &= P_m - L_m + G_m - L_p - L_b + G_c - L_c \end{aligned} \qquad (3.55)$$

$P_R(дБм)_{без_потерь}$ определяет мощность мобильного терминала, которая была бы принята приемником базовой станции в отсутствии потерь. Таким образом:

$$L_{\max} = P_R(дБм)_{без_потерь} - P_S(дБм) \qquad (3.56)$$

Типичные значения параметров обратного канала, перечисленных в формулу (3.55) представлены в таблице 3.1. Подставляя значения этих параметров в формулу (3.55), получаем:

$$P_R(дБм)_{без_потерь} = 23 - 0 + 2.1 - 3 - 10 + 14.1 - 2 = 24.2\,дБм \qquad (3.57)$$

Таблица 3.1 – Параметры обратного канала CDMA

Параметр	Обозначение	значение
Мощность мобильного терминала	P_m	23 дБм
Потери в кабеле мобильного терминала	L_m	0 дБ
Коэффициент усиления антенны мобильного терминала	G_m	2,1дБ
Потери при ориентации антенны мобильного терминала	L_p	3 дБ
Допуск на проникновения в здания	L_b	10 дБ

Коэффициент усиления антенны базовой станции	G_c	14.1дБ
Потеря в кабеле базовой станции	L_c	2 дБ

Выражение для максимального ослабления при распространении как функции параметра загрузки сети X имеет вид:

$$L_{\max}(\partial Б) = P_m(\partial Бм) + G_c(\partial Б) + G_m(\partial Б) - SNR_{req}(\partial Б) \\ -(N_0W)_c(\partial Бм) + 10\log_{10}(1-X) \tag{3.58}$$

Если добавить в (3.58) детализированные потери из (3.56) с учетом запаса по мощности используемого в (3.51), тогда (3.58) можно выразить как

$$L_{\max}(\partial Б) = P_R(\partial Бм)_{без_потерь} - P_S(\partial Бм) \\ = P_R(\partial Бм)_{без_потерь} - P`_S(\partial Бм) + M_{\partial Б} - 10\log_{10}(1 - M/M_{\max}) \tag{3.59}$$

Теперь подставим (3.59) в качестве $L_{\max}$ в (3.45) для того, что бы получить желаемое выражение радиуса соты как функции загрузки сети:

$$R_{km}(\partial Бкм) = 10\log_{10} R_{km} = \frac{L_{\max} - L_1}{\gamma} \\ = \frac{P_R(\partial Бкм)_{без_потерь} - L_1 - P`_S(dBm) - M_{dB} + 10\log_{10}(1 - M/M_{\max})}{\gamma} \tag{3.60}$$

Это выражение показывает максимальный радиус соты доступный мобильному передатчику с мощностью рассмотренной в расчетах $P_R(\partial Бм)_{без_потерь}$.

Найдем числовое выражения для радиуса соты, основываясь на выражении (3.60), используя модель МСЭС(ITU-R), численные значения параметров обратного канала приведенного в Таблице 3.1, а так же предполагая, что высоты антенн базовой станции $h_b = 30m$ и мобильной станции $h_m = 1.5m$ и 10% покрытием территории зданиями.

Используя данные Таблицы 3.1, принимаемая мощность без потерь при распространении равна:

$$P_R(\partial Бм)_{без_потерь} = 24.2\ \partial Бм\text{, (см. (4.57))}$$

из (3.52), требуемая мощность принимаемого сигнала с учетом интерференции и без запаса по мощности равна

$$P`_S(\partial Бм) = (E_b / N_0)_{req}(\partial Б) - 129.2\ \partial Бм$$

и из (3.49) значения L_1 и γ равны,

$L_1 = 73{,}08$ дБ и $\gamma = 35.22/10 = 3.522$

Подставляя всё это в (3.60) мы получаем выражение с параметрами $E_b / N_0,\ M_{dB},\ M,\ M_{\max}$:

$$R_{km}(\partial Бкм) = \frac{1}{3.522}\left[24.2 - 73.08 - \left(\frac{E_b}{N_0}(\partial Б) - 129.2\right) - M_{\partial Б} + 10\log_{10}\left(1 - \frac{M}{M_{\max}}\right)\right]$$
$$= \frac{1}{3.522}\left[80{,}32 - \frac{E_b}{N_0}(\partial Б) - M_{\partial Б} + 10\log_{10}\left(1 - \frac{M}{M_{\max}}\right)\right] \quad (3.61)$$

Для того, что бы показать зависимость радиуса соты от М (количества активных пользователей) при принятых значениях $\frac{E_b}{N_0}$ и запаса по мощности используем (3.61) для записи

$$R_{km} = 10^{R_{km}(dBm)/10} = 10^{80.32/35.22}\left(1 - \frac{M}{M_{\max}}\right)^{10/35.22}\left[\frac{E_b}{N_0}\cdot 10^{M_{\partial Б}/10}\right]^{-1/3.522}$$
$$= 190{,}775\left(1 - \frac{M}{M_{\max}}\right)^{0.284}\left[\frac{E_b}{N_0}\cdot 10^{M_{\partial Б}/10}\right]^{-0.284} \quad (3.62)$$

Значения $M_{\partial Б}$ выбираются исходя из заранее выбранной надежности канала. Типичные значения приведены в таблице 3.2

Таблица 3.2 – Запас по мощности для различной надежности

P_{rel}	$M_{\partial Б}$
0,70	0,20 dB
0,80	0,93 dB
0,90	0,92 dB

Используя выражение идеальной емкости системы (3.60) $M_{\max}$, для выражения радиуса соты (3.62) построим график (рисунок 3.1) для различных

значений $M_{дБ}$ и E_b / N_0. Программа расчета радиуса соты на MathCAD 15 в продолжении Приложении А.

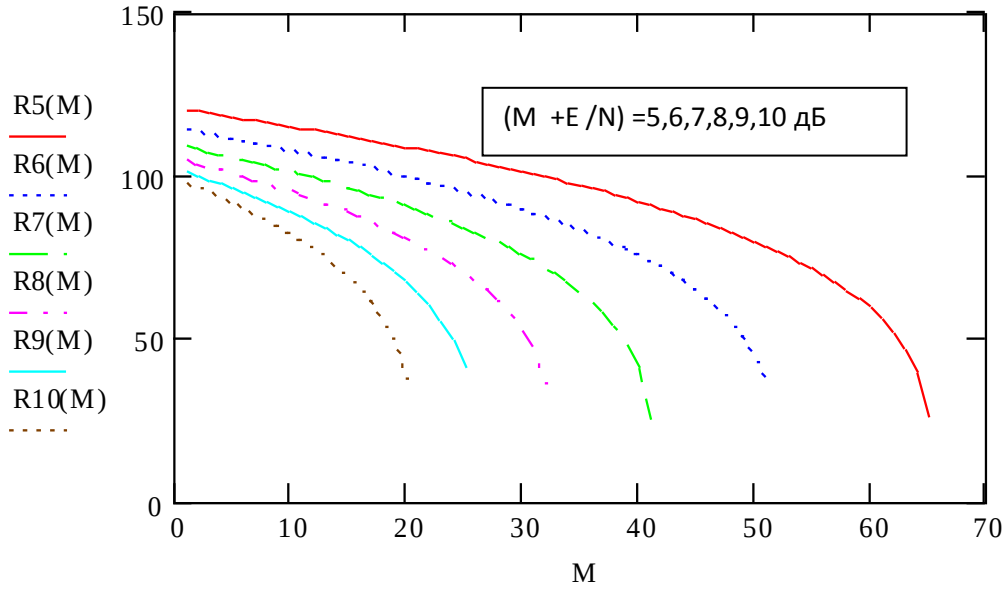

Рисунок 3.1 - График зависимости радиуса соты от загрузки соты

Из графика видно, что требуемые значение E_b / N_0 и M_{dB}, подбираемые из расчета надежности системы для обратного канала сильно влияют на размер соты. При высоких значениях надежности и соответственно отношения сигнал шум и запаса по мощности, радиус соты начинает стремительно падать при определенных значениях емкости системы (количества активных пользователей). Так же из графика можно определить уровень снижения радиуса соты при определенном значении активных пользователей.

Исследование модели беспроводной сети позволяет спроектировать сеть исходя из типичных входных параметров, таких как: частота, мощности передатчиков, надежность системы, процент застройки и.т.д. и спрогнозировать основные её показатели, такие как емкость и зона покрытия.

3.5 Расчет зоны покрытия БС

Определить зону покрытия БС стандарта GSM, расположенной в соответствии с заданием в одном из пригородных районов г. Алматы, используя два метода:

Эмпирическую модель предсказания Окомура-Хата иCOST231- Хата, указанные в задании;

Сравнить результаты расчета.

Радиус зоны покрытия определяется в трех направлениях: север, юго-восток, юго-запад.

Необходимо также определить зону покрытия МС одним из предложенных методов (на выбор). Местоположение МС выбрать в направлении на север от БС на расстоянии 1,5 км от нее.

На чертеже указать конфигурации зон покрытия БС, полученные различными методами, а также зону покрытия МС.

Высота антенны мобильной станции (МС) принимается равной 1,7 м.

Высота подъема антенны БС $h_{БС}$,м=30 м

Таблица 3.3 - Стандартные значения параметров БС и МС

Обозначение	Наименование и единица измерения	Значение
$P_{ПРД\ БС}$	Мощность передатчика БС, дБВт	15
$G_{ПРД\ БС}$	К-т усиления передающей антенны БС , дБ	16
$f_{ПРД\ БС}$	Полоса рабочих частот передачи БС, МГц	1805-1880
$P_{ПРМ\ БС}$	Чувствительность приемника БС, дБВт	-138
$G_{ПРМ\ БС}$	К-т усиления приемной антенны БС , дБ	16
$f_{ПРМ\ БС}$	Полоса рабочих частот приема БС, МГц	1805-1880
$P_{ПРД\ МС}$	Мощность передатчика МС, дБВт	-20
$G_{ПРД\ МС}$	К-т усиления передающей антенны МС, дБ	0
$f_{ПРД\ МС}$	Полоса рабочих частот передачи МС, МГц	1805-1880
$P_{ПРМ\ МС}$	Чувствительность приемника МС, дБВт	-104
$G_{ПРМ\ МС}$	К-т усиления приемной антенны МС, дБ	0
$f_{ПРМ\ МС}$	Полоса рабочих частот приема МС, МГц	1805-1880

Рельеф местности в зоне обслуживания $\Delta h_{БС}$ системы подвижной радиосвязи определяется по карте местности с учетом расположения трехсекторной антенны К730380 в месте расположения БС.

Коэффициент согласования антенны с радиосигналом по поляризации (для передатчика и приемника) принимается равным $\xi_П = \xi_С = 0{,}9$

КПД передающего и приемного фидеров принимается равным $\eta_{ФПРД} = \eta_{ФПРМ} = 0{,}95$.

3.6 Определение зоны покрытия трехсекторной БС с помощью моделей предсказания, учет потерь при распространении радиоволн

Основу территориального планирования составляет энергетический расчет, в процессе которого определяется архитектура сети и ее пространственные координаты с учетом качества обслуживания и информационной нагрузки. Заданное качество принятого сигнала определяется чувствительностью приемника. В общем виде уравнение передачи может быть представлено как:

$$P_{ПРМ} = \frac{P_{ПРД} \cdot \eta_{ФПРД} \cdot G_{АПРД} \cdot \xi_П \cdot G_{АПРМ} \cdot \eta_{ФПРМ} \cdot \xi_С}{L_\Sigma}, \qquad (3.63)$$

где $P_{ПРМ}$ – мощность радиосигнала на входе приемника (определяется чувствительностью приемника);

$P_{ПРД}$ – мощность передатчика;

$\eta_{ФПРД}$, $\eta_{ФПРМ}$– КПД передающего и приемного фидеров;

$G_{АПРД}$, $G_{АПРМ}$ – коэффициенты усиления передающей и приемной антенн;

$\xi_П$, $\xi_С$ – коэффициенты согласования антенн с радиосигналом по поляризации;

L_Σ – суммарное затухание радиоволн на трассе.

Значение мощности радиосигнала на входе приемника удобно выражать в децибелах относительно ватта. При этом уравнение (1) принимает вид:

$$P_{ПРМ}(дБ/Вт) = P_{ПРД}(дБ/Вт) + \eta_{ФПРД}(дБ) + G_{АПРД}(дБ) + \xi_П(дБ) + \\ + G_{АПРМ}(дБ) + \eta_{ФПРМ}(дБ) + \xi_С(дБ) - L_\Sigma(дБ) \qquad (3.64)$$

По этой формуле несложно определить суммарные энергетические потери, возникающие на трассе распространения радиоволн:

$$L_\Sigma(дБ) = P_{ПРД} + \eta_{ФПР} + G_{АПРД} + \xi_П + G_{АПРМ} + \eta_{ФПРМ} + \xi_С - P_{ПРМ} \qquad (3.65)$$

Для БС суммарное затухание радиоволн на трассе равно:

$$L_{\Sigma\,БС}(дБ) = P_{ПРД\,БС} + \eta_{ФПР\,БС} + G_{АПРД\,БС} + \xi_{П\,БС} + G_{АПРМ\,МС} + \eta_{ФПРМ\,МС} + \xi_{С\,МС} - P_{ПРМ\,МС} = 15 + 0{,}95 + \\ + 16 + 0{,}9 + 0 + 0{,}95 + 0{,}9 + 104 = 138{,}7\ дБ$$

Для МС суммарное затухание радиоволн на трассе равно:

$$L_{\Sigma\,МС}(дБ) = P_{ПРД\,МС} + \eta_{ФПР\,МС} + G_{АПРД\,МС} + \xi_{П\,МС} + G_{АПРМ\,БС} + \eta_{ФПРМ\,БС} + \xi_{С\,БС} - P_{ПРМ\,БС} = -13 + 0{,}95 + \\ + 0 + 0{,}9 + 18 + 0{,}95 + 0{,}9 + 138 = 145{,}8\ дБ$$

Определим суммарное затухание радиоволн как потери распространения для соответствующего типа местности L_P и поправки, учитывающей рельеф местности $L_{РЕЛ}$:

$$L_\Sigma = L_P + L_{РЕЛ} \qquad (3.66)$$

Определим поправку, учитывающей рельеф местности. Для этого в районе ориентировочного местоположения БС на карте города выбираем место, которое будет удовлетворять одновременно следующим условиям:

1) для размещения антенны БС в соответствующем районе имеется подходящее по условиям задания опора, на которых можно арендовать площадь для размещения антенны БС;

2) перед антенной БС на расстоянии приблизительно 7 км для GSM-1800 не должно быть значительных возвышенностей (экранов), желательно во всех трех направлениях, для которых производится расчет (север, юго-запад и юго-восток).

Базовая станция располагается в пос. Байтерек Енбекшиказахского района. Она охватывает близлежащие участки трассы Байтерек-Талгар, протяженность которого составляет 17 км. В этой местности проживают 6730 человек. Три базовые станции охватывают всю трассу Байтерек-Талгар, а также ближайшие участки (Талгарские дачи). Уже к существующей базовой станции добавляя еще две базовые станции рассчитываю зону покрытия базовой станции, радиус сот этих БС. Технология WCDMA кототый относится к стандарту 3G используется операторами в данной местности так как она уже давно внедрено у нас в стране, а в пригородных районах стандарт 3G стабильно держится, не уступая новому поколению стандартов – 4G, который только сейчас внедряется. Это компания Alcatel 4G которая, недавно запустила программу стандартов GSM, UMTS, поэтому возможно в будущем в неохваченные районы Алматинской области доберется это стандарт и мы уже перейдем на новое поколение стандартов т.е 4G.

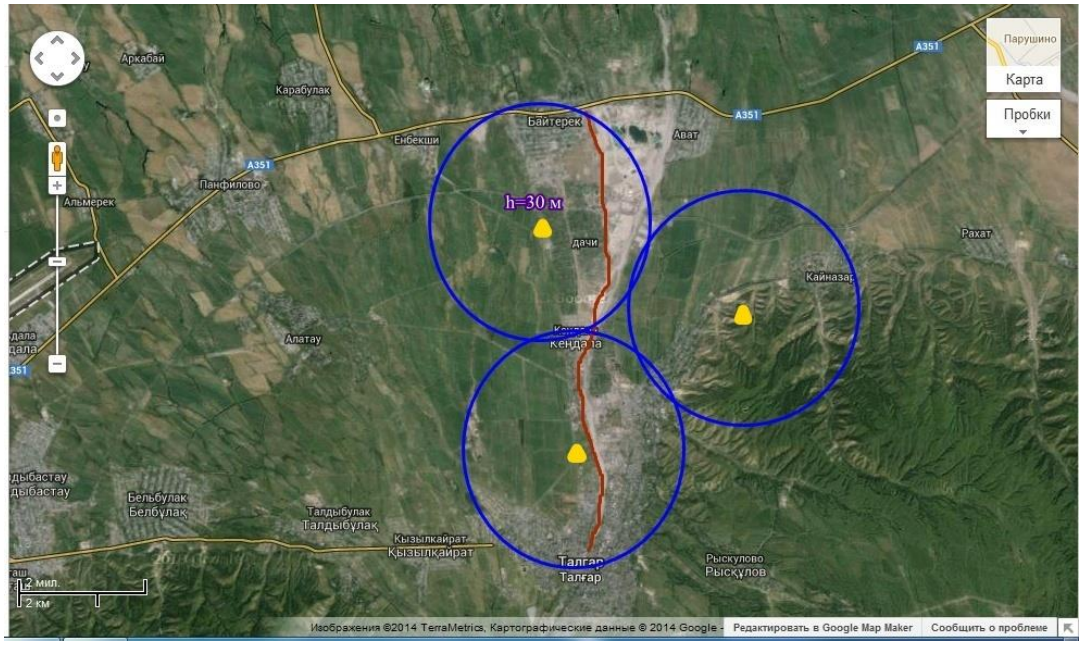

Рисунок 3.1 – Местоположение БС на трассе Байтерек-Талгар

Строим в трех направлениях рельеф местности. На рельефе указываем высоты для следующих точек местности: первая точка – точка расположения антенны БС; следующие точки выбираем через 5 км для стандарта GSM-900 в каждом направлении и через 3 км для стандарта GSM-1800 в каждом направлении. Получим по 6 точек в каждом направлении, соединив которые плавной линией, определим в соответствующем направлении рельеф местности.

В данной работе используется трехсекторная антенна, разделим местность на 3 сектора: сектор А - 0º, сектор В - 120º, сектор С - 240º.

Определим поправки, учитывающие рельеф местности для всех трех направлений. Коэффициент $L_{рел}$ определяем, интерполируя между графиками рисунка 6,5,4.

При $\Delta h = 64$; $L_{РЕЛ} = \frac{-2+-3}{2} = -2{,}5$ дБ - секторА - 0º

При $\Delta h = 30$; $L_{РЕЛ} = \frac{-8+-4}{2} = -6$ дБ - сектор В - 120º

При $\Delta h = 8$; $L_{РЕЛ} = \frac{-4-12}{2} = -8$ дБ - сектор С - 240º

Определим потери распространения для соответствующего типа местности:

1. От БС к МС:

$L_P = L_\Sigma - L_{РЕЛ} = 138{,}7 + 2{,}5 = 141{,},2$ дБ - секторА - 0º

$L_P = L_\Sigma - L_{РЕЛ} = 138{,}7 + 6 = 145$ дБ - сектор В - 120º

$L_P = L_\Sigma - L_{РЕЛ} = 138{,}7 + 8 = 146{,}7$ дБ - сектор С - 240º

От МС к БС:

$L_P = L_\Sigma - L_{РЕЛ} = 145{,}8 + 2{,}5 = 148{,}3$ дБ - секторА - 0º

3.7 Модель Окомура и Хата

Существует достаточно большое количество эмпирических моделей предсказания потерь при распространении сигналов для различных типов местности. Наиболее известной и используемой является модель предсказания Окомура и Хата в случае изотропных (идеальных всенаправленных), имеющих коэффициенты усиления, равные 1, антенн базовой станции и подвижного объекта. Эта формула (метод прогнозирования Окомура) имеет следующий вид:

$$L_P = \begin{Bmatrix} A + B\lg(r)\,для\,городской\,зоны, \\ A + B\lg(r) - C\,для\,пригородной\,зоны, \\ A + B\lg(r) - D\,для\,открытой\,зоны \end{Bmatrix} \qquad (3.67)$$

где r – расстояние между антеннами базовой и подвижной станции, км.

Радиочастота несущей fo, МГц, высота антенны базовой станции hb, м, и высота антенны подвижной станции hm, м; величины A, B, C и D выражаются соответственно следующим образом:

$$A = A(f_0, h_b, h_m) = 69{,}55 + 26{,}16 \cdot \lg(f_0) - 13{,}82 \cdot \lg(h_b) - a(h_m)$$

$$B = B(h_b) = 44{,}9 - 6{,}55 \cdot \lg(h_b) \qquad (3.68)$$

$$C = C(f_0) = 2 \cdot \left[\lg\left(\frac{f_0}{28}\right)\right]^2 + 5{,}4 \qquad (3.69)$$

$$D = D(f_0) = 4{,}78 \cdot \left[\lg\left(f_0\right)\right]^2 - 19{,}33 \cdot \lg(f_0) + 40{,}94 \qquad (3.70)$$

где

$$a(h_m) = \left[1{,}1 \cdot \lg(f_0) - 0{,}7\right] \cdot h_m - \left[1{,}56 \cdot \lg(f_0) - 0{,}8\right] \qquad (3.71)$$

для средних и малых городов;

$$a(h_m) = 3{,}2 \cdot \left[\lg(11{,}75 \cdot h_m)\right]^2 - 4{,}97 \qquad (3.72)$$

Эта модель Окомура и Хата возникла в результате адаптации эмпирических формул Хата к графикам, составленным Окомура и его соавторами. Данными формулами можно пользоваться, если выполняются следующие условия:

- f_0 : от 150 до 1500 МГц;
- h_b : от 30 до 200 м; возможно расширение диапазона (от 1,5 до 400 м);
- h_m : от 1 до 10 м;
- r : от 1 до 20 км; возможно расширение диапазона (от 2м до 80 км).

Определим радиуса зоны покрытия базовой станции и мобильной станции:

$h_b = 30$ м– высота антенны базовой станции

$h_m = 1{,}7$ м– высота антенны мобильной станции

1. От БС к МС:

$f_0 = 1900$ МГц

для средних и малых городов;

$$a(h_m) = 3{,}2 \cdot \left[\lg(11{,}75 \cdot h_m)\right]^2 - 4{,}97$$

$$a(h_m) = 3{,}2 \cdot \left[\lg(11{,}75 \cdot 1{,}7)\right]^2 - 4{,}97 = 0{,}442$$

$$A = A(f_0, h_b, h_m) = 46{,}3 + 33{,}9 \cdot \lg(1900) - 13{,}83 \cdot \lg(30) - 0{,}442 \quad = 136{,}579$$

$$B = B(h_b) = 44{,}9 - 6{,}55 \cdot \lg(30) = 35{,}22$$

$$L_P = A + B \cdot \lg(r)$$

$$L_P = 136.579 + 35.22 \cdot \lg r$$

$$r = 10^{\frac{L_P - A}{B}} \qquad (3.72)$$

1.1 Сектор А - 0º:

$$r = 10^{\frac{L_P - A}{B}} = 10^{\frac{141{,}2 - 136.579}{35.22}} = 1{,}35 \text{ км}$$

1.2 Сектор В - 120º:

$$r = 10^{\frac{L_P - A}{B}} = 10^{\frac{145 - 136.579}{35{,}22}} = 1{,}8 \text{ км}$$

1.3 Сектор С - 240º:

$$r = 10^{\frac{L_P - A}{B}} = 10^{\frac{146.7 - 136{,}579}{35{,}22}} = 1{,}936 \text{ км}$$

2 От МС к БС:

$f_0 = 1700$ МГц

$$a(h_m) = 3{,}2 \cdot \left[\lg(11{,}75 \cdot h_m)\right]^2 - 4{,}97$$

$$a(h_m) = 3{,}2 \cdot \left[\lg(11{,}75 \cdot 1{,}7)\right]^2 - 4{,}97 = 0{,}442$$

$$A = A(f_0, h_b, h_m) = 46{,}3 + 33{,}9 \cdot \lg(1700) - 13{,}83 \cdot \lg(30) - 0{,}442 = 134{,}941$$

$$B = B(h_b) = 44{,}9 - 6{,}55 \cdot \lg(30) = 35{,}22$$

$$L_P = A + B \cdot \lg(r) \qquad (3.73)$$

$$L_P = 134.941 + 35{,}22 \cdot \lg r$$

$$r = 10^{\frac{L_P - A}{B}} = 10^{\frac{148{,}3 - 134{,}941}{35{,}22}} = 2.4\,\text{км}$$

Результаты расчета сведем в таблицу 5.

Таблица 3.4 – Результаты расчётов модели COSTA231-Хата

Направление сектора БС относительно СП, град.	Потери при распространении, L_P, дБ		Ожидаемое расстояние между БС и МС, км	Ожидаемое расстояние между МС и БС, км
	БС-МС	МС-БС		
СекторС	141,2	148,3	1,35	2,4
Сектор Ю-З	145		1,8	
Сектор Ю-В	146.7		1,936	

3.8 Затухание сигнала

3.8.1 Модель COST231-Хата

$$L_P = 46{,}3 + 33{,}9\lg(f_0) - 13{,}83\lg(h_b) - a(h_m) + [44{,}9 - 6{,}55\lg(h_b)]\lg r + C$$

где C – постоянная: для средних городов и пригородных районов с умеренной растительностью $C = 0$ и для центров крупных городов $C = 3$.

Формально модели Окамуры, Хата и COST#231-Хата можно использовать только для высоты антенны базовой станции, превышающей 30 м, однако их применение возможно и для более низких высот при условии, что соседние строения значительно ниже антенны.

Модель COST#231-Хата не подходит для оценки затухания сигнала при

расстояниях между подвижной и базовой станциями менее 1 км. В этомслучае затухание сильно зависит от топографии местности, в которой происходит распространение сигнала. Эту модель также нельзя использовать для оценки распространения сигнала по улицам с высокими строениями (по так называемым уличным каньонам)

fc = 1900 МГц - несущая частота излучаемого сигнала

$h_b = 30$ м– высота антенны базовой станции

$h_m = 1{,}7$ м– высота антенны мобильной станции

$r = 2{,}4$ *км*

$$(L_{50})_{db} = 46{,}3 + 33{,}9 \cdot \lg 1900 - 13{,}82 \cdot \lg 30 - 1{,}5 + (44{,}9 - 6{,}55 \cdot \lg 30) \cdot \lg 2{,}4 = 148{,}71 \approx 149 \ \partial Б$$

3.9 Модель Эрланга

Условная трасса БайтерекөТалгар занимает площадь S = 51 км2
В системе используются кластеры из трех сот Nкл = 3.

Вероятность отказа (блокировки) в сотовой системе составляет GOSB = 0,02 (т. е. не более, чем два из ста абонентов в час получат отказ при первом обращении к сети).

$$R = \sqrt{\frac{S}{\pi \cdot K_{БС}}} = \sqrt{\frac{57}{\pi \cdot 3}} = 2.36 \approx 2.4$$

где$K_{БС} = 3$, эточислоБСвсотовойсети

Каждая сота имеет радиус r = 2,4 км.

Вычислим количество сот, охватывающих всю область.
Рассчитаем площадь одной гексагональной соты:

$$S_r = \frac{3}{2}\sqrt{3} \cdot 2.4^2 = 14{,}96$$

Таким образом, для того, чтобы охватить всю трассу Байтерек-Талгар, требуется

$$N_c = \frac{53}{14.96} = 3.41 \approx 3 \text{ сот}$$

Затем вычислим количество каналов, выделенных каждой соте.

Поскольку в распоряжении системы находится полоса частот шириной2×3,5 МГц, а одно соединение требует двух каналов (прямого и обратного) по 25 кГц каждый, то для 3-х сотовых кластеров количество дуплексных каналов в соте будет равно

$$C = \frac{2 \cdot 3.5 \cdot 10^6}{3 \cdot 2 \cdot 2.4 \cdot 10^3} = 45{,}6 \approx 46 \text{ каналов}$$

для C =600 каналов на соту и вероятности блокировки GOSB = 0,02интенсивность трафика в одной соте составит АТЯ = 17,5 Эрл.

Поэтому суммарный трафик всей системы будет равен

$$A_{ТЯ} \times N_c = 17{,}5 \cdot 4 = 70 \text{ Эрл}$$

Полоса шириной 2×3,5 МГц выделена системе, работающей в режиме частотного разделения каналов (FDMA/FDD). Ширина одного канала составляет 25 кГц.

Предположим, что средняя продолжительность разговора в час пик Tср= 3 мин, средняя частота поступления вызовов λср= 1 вызов в час

Трафик на одного абонента составит

$$A_{АБ} = \lambda_{ср} \cdot T_{ср} = \frac{1 \cdot 3}{60} = 0{,}05 \text{ Эрл}$$

На основе этих значений определяется количество пользователей, которых может обслужить система. Это количество равно

$$N_A = \frac{A_{ТЯ}}{A_{АБ}} = \frac{70}{0{,}05} = 1400 \text{ пользователей}$$

Количество каналов системы мобильной связи можно определить делением ширины выделенного системе спектра на ширину пары каналов.

7МГц(2×25 кГц)=140 каналов

Тогда количество пользователей, приходящихся на один канал, равно

1400/140=10 пользователей

Максимальное количество пользователей, которые могут быть одновременно обслужены, определяется количеством каналов в соте и количеством сот в системе и будет равно

$$C \times N_c = 46 \cdot 3 = 138$$

Следовательно, если все каналы во всех сотах будут одновременно заняты, то система сможет обслужить138/1400 = 11,43 % пользователей.

3.10 Абонентская нагрузка

Вероятность блокировки это вероятность того, что вызов будет блокирован в связи с тем, что нет свободных каналов. Вероятность блокировки зависит от предлагаемой нагрузки и количества каналов, и эта вероятность может быть рассчитана с использованием некоторых математических моделей. Для фиксированного канала, с возрастанием предлагаемой нагрузки, вероятность блокировки также возрастает. Параметр вероятность блокировки очень часто используется равнозначно с термином Качество Услуг.

Вероятность блокировки в основном оценивается для предлагаемой нагрузки в час наибольшей загрузки. Для базовой станции, часное наибольшей загрузки определяется как час, в течение которого появляется наибольшая нагрузка. Модели Эрланга В и Эрланг С две самые распространенные математические модели которые описывают взаимоотношение между вероятностью блокировки (качество услуг), предлагаемой нагрузкой, и количеством каналов. Рассмотрим модель Эрланга В как наиболее подходящую для данного дипломного проекта.

Модель Эрланга В предполагает, что блокированные вызовы удалены и абонент сделает повторный вызов позже. Другими словами, абонент, чей вызов был заблокирован, сделает повторную попытку не сразу. Вероятность блокировки Р (блокировка), или качество услуги, в соответствии с данной моделью будет рассчитываться как

$$P(\textit{блокировка}) = \frac{\frac{p^c}{C!}}{\sum_{i=0}^{C} \frac{p^i}{i!}} \qquad (4.63)$$

где С – количество каналов и р – предлагаемая нагрузка.

Для расчета абонентской нагрузки была разработана программа на языке «Delphi», пример которой приведен на рисунке 4.2 в Приложении Б

4. Безопасность жизнедеятельности

4.1 Анализ условий труда

С точки зрения обеспечения условий труда и требований техники имеет следующее: достаточное освещение рабочего места; полная техническая исправность оборудования, его электрическая безопасность; достаточная пожарная безопасность помещения; оптимальный микроклимат, способствующий продуктивной работе и соответствие рабочего места требованиям эргономики. К опасным и вредным факторам, воздействию которых подвергаются инженера, к ним относится: возможность поражения электрическим током, при электронеисправности оборудования, нарушении заземления или техники безопасности; работа в микроклимате с недопустимыми параметрами; работа при недостаточной освещенности рабочего места.

BRA - это малогабаритная (60 см) секторная антенна, прикрепляемая к BRB посредством надежно защищенного фланца, не имеющая промежуточных внешних адаптеров, кабелей или волноводов. Такая конструкция обеспечивает лучшие эксплуатационные показатели и более высокую надежность, т.к. в ней отсутствуют потери, связанные с межсоединениями, а чувствительные материалы не подвергаются длительному воздействию экстремальных условий окружающей среды. Кроме того, габариты BRB с прикрепленной BRA минимальны, и их объединение в один блок снижает затраты связанные с транспортировкой, монтажом и заменой. Аппаратная базовой станции представлена на рисунке 4.1, перечень оборудования и основные технические показатели представлены в таблице 4.1. Данную базовую станцию обслуживают два специалиста. Режим появления, а также продолжительность нахождения зависит от возникновения аварии на данной базовой станции. Категория их работы на объекте относится к категории 1а (легкая физическая работа), при этом энергозатраты организма менее 138 ккал/ч, производимые работы делаются сидя и не требуют напряжения.

Таблица 4.1 - Технические характеристики установленного оборудования

Номер	Оборудование	Размеры	Размеры, мм	Вес, кг	Питание
1	WIBAS-2X	Высота	1650	225	-48 VDC +24 VDC
		Ширина	500		
		Глубина	400		
2	ИБП-48/160М	Высота	1023	230	-
		Ширина	600		

		Глубина	390		
3	АБ	Высота	650	216	-
		Ширина	616		
		Глубина	495		
4	Оборудование РРС	Высота	380	10	-
		Ширина	100		
		Глубина	250		

4.1.2 Оценка пожарной безопасности

Станция относится к объектам категории Г - пожароопасное помещение. Горение (это химическая реакция окисления, сопровождающаяся выделением теплоты и света). Для возникновения горения требуется наличие трех факторов: горючего вещества, окислителя и источника загорания. Окислителями являются кислород, хлор, фтор, бром, йод, окиси азота и другие.

По взрывопожарной и пожарной опасности станция WIBAS-2X относится к категории В, т.к. характеризуется наличием горючих материалов и веществ, способных гореть.

К возможным причинам пожаров электрического характера на станции относятся:

- короткие замыкания, а также значительные перегрузки проводников, вызывающих перегрев изоляции до температур, которые приводят к воспламенению изоляции проводов и обмоток электрических аппаратов;
- плохие контакты в местах соединения (сращивания) проводов, приводящие к выделению значительного количества теплоты.

К причинам пожаров неэлектрического характера относятся:

- неисправности производственного оборудования;
- курение в запрещенном месте.

Так как на станции установлена антенна, используется молниезащита.

При выполнении молниезащиты для повышения безопасности людей заземленные молниеотводы размещены в редко посещаемых местах, в удалении на 5 метров и более от грунтовых, проезжих и пешеходных дорог.

Для защиты от проявления электростатической индукции металлические корпуса всего оборудования присоединены к специальному защитному заземлению местной электросети.

Отдельно стоящий стержневой молниеотвод (рисунок 4.1) состоит из опоры 1 (высотой 25 м - из дерева, 5м - из металла), токоотвод 2 (сечением 50 мм2) и заземлитель 4.

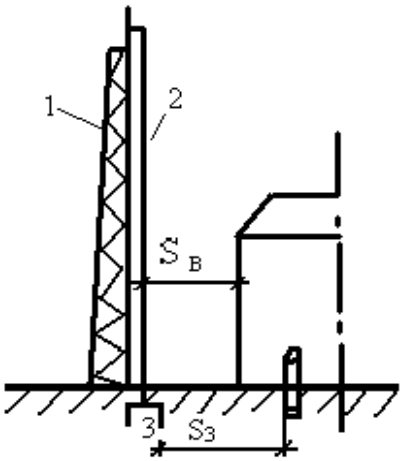

Рисунок 4.1 - Расположение молниеотвода

При установке молниеотвода на здании обеспечивается безопасное расстояние Sв по воздуху между токоотводом и защищаемым объектом, исключающее возможность электроразряда между ними. Кроме того, для предупреждения заноса высоких потенциалов через грунт обеспечено безопасное расстояние Sз между заземлителем и металлокоммуникациями, входящими в здание, оно равно Sз=0,5 Rи и равно 3 м; Rн - импульсное электросопротивление заземлителя.

На центральной станции WIBAS-2X используется молниезащита отдельно стоящего стержневого молниеотвода. Так как на станции установлена антенна, используется молниезащита. поэтому произведен расчет молнезащиты в пункте 5.2.1.

4.2 Микроклимат

Микроклимат производственного помещения оказывает значительное влияние на человека. Отклонения отдельных параметров микроклимата снижают работоспособность, ухудшают самочувствие человека и приводят к профессиональным заболеваниям. Температура воздуха оказывает существенное влияние на самочувствие и результаты труда человека. Низкая температура вызывает охлаждение организма и способствуют возникновению простудных заболеваний, а при высокой температуре возникает перегрев организма, который ведет к повышенному потовыделению и снижению работоспособности. Скорость движения воздуха играет заметную роль в

создании микроклимата в рабочей зоне. Человек начинает ощущать движение воздуха при скорости примерно 0,15 м/с, при этом действие воздушного потока зависит от его температуры. При температуре менее 36 С поток оказывает на человека освежающее действие, а при температуре более 40 С - неблагоприятное

Оптимальные параметры микроклимата в холодные периоды года температура воздуха, скорость его движения и относительная влажность:

- 22÷24 С, 0,1 м/с, 60 процентов, в теплые периоды года: 23 - 25 С, 0,1÷0,2 м/с, 60÷70 процентов. В районном узле телекоммуникаций не поддерживаются оптимальные параметры микроклимата, т.к. в теплые периоды года температура превышает 27 С, поэтому устанавливается кондиционер. Расчеты кондиционирования произведен в пункте 4.2.2

4.2.1 Обеспечение электробезопасности

По степени поражения людей электрическим током помещения ЦС и контейнеры базовых станций относятся к помещениям с повышенной опасностью, так как имеется возможность одновременного прикосновения человека к имеющим соединение с землёй металлоконструкций здания, с одной стороны, и металлическим корпусам электрооборудования, с другой.

Для защиты персонала от поражения электрическим током при повреждении изоляции проводов организованы заземления станционного, релейного и антенного оборудования, а также кабельных систем.

Заземлением называется соединение с землей нетоковедущих металлических частей электрооборудования через металлические детали, закладываемые в землю и называемые заземлителями, и детали, прокладываемые между заземлителями и корпусами электрооборудования, называемые заземляющими проводниками. Проводники и заземлители обычно делаются из низкоуглеродистой стали.

В качестве индивидуальной защиты инженерам выдаются инструменты с изоляцией (плоскогубцы с прорезиненными ручками, отвертки с пластмассовыми рукояткой, резиновые перчатки).

При работе на центральной станции стойки оборудованы заземляющими специальными браслетами.

Оборудованные помещения соответствуют правилам электробезопасности, согласно.

На рабочих местах и в местах возможного нахождения персонала, связанного с воздействием ЭМП, интенсивность излучений не превышает показанной в таблице 4.2.

В диапазоне частот 300 МГц - 300ГГц на рабочих местах и в местах возможного нахождения персонала, связанного с воздействием ЭМП, оно оценивается по предельной допустимой плотности потока энергии.

Таблица 4.2 - Допустимые нормы интенсивности излучения

Электрическая составляющая, В/м	Магнитная составляющая, А/м	Частота, МГц
50	5	От 0,06 до 3
20	5	От 3 до 30
10	0,3	От 30 до 50
5	0,3	От 50 до 300

Нормируемая величина плотности потока энергии в случае пребывания во время рабочего дня составит $ППЭ_{п.д.}$=0,1 Вт/м^2

4.2.2 Молниезащита антенн

Заземлители выполним из стали, расположенные вертикально. Вертикальные - выполняются из стальных забиваемых стержней из угловой стали на глубину 0,6 - 0,7 м от верхнего конца. Забиваемые заземлители при этом выбираются длинной 2,5 - 3 м. Все соединения заземлителей как между собой, так и с токоотводами выполняются сваркой.

Молниеотвод имеет определенную зону защиты, под которой понимается часть пространства, примыкающая к молниеотводу, которая обеспечивает защиту антенны от прямых ударов молнии с определенной степенью надежности. Мы рассчитываем для зоны защиты А, степень надежности должна быть не менее 99,5%.

Зона защиты одиночного стержневого молниеотвода высотой $h \leq 150$ м представляет собой круглый конус с вершиной $h_o < h$ и круглым основанием радиусом r_o (рисунок 18). Горизонтальное сечение зоны защиты на высоте h_x представляет собой круг радиусом r_x

Параметры зоны защиты определены следующим образом.

$$h_o = 0{,}85 \cdot h = 0{,}85 \cdot 3 = 2{,}55 \text{ м.} \quad (4.1)$$

$$r_o = (1{,}1 - 0{,}002 \cdot h) \cdot h = (1{,}1 - 0{,}002 \cdot 3) \cdot 3 = 3{,}292 \text{ м.} \quad (4.2)$$

$$r_x = (1{,}1 - 0{,}002h) \times (h - hx/0{,}85) = (1{,}1 - 0{,}002 \times 3) \times (3 - 1{,}8/0{,}85) = 1{,}094 \times 0{,}882 = 0{,}965 \text{ м}$$

Ожидаемое количество N поражений молнией в год антенно-мачтовых сооружений, не оборудованных молниезащитой, определяется по формуле:

$$N=(S+6h)\times(L+6h)\times n\times 10^{-6} \qquad (4.3)$$

где S и L - размеры антенны, м;

h - наибольшая высота антенны;

n - среднегодовое число ударов молнии в 1 км² земной поверхности в месте расположения антенны (павлодарская область), оно характеризуется интенсивностью грозовой деятельности, ч/г (n = 3).

Интенсивность грозовой деятельности оценена по карте среднегодовой продолжительности гроз на территории Казахстана или на основании данных местных метеорологических станций.

$$N = (2.4+6\cdot 1.8)\cdot(1.5+6\cdot 1.8)\cdot 3\cdot 10^{-6}=0.00048708$$

Из расчетов видно, что молниезащиты выполнена правильно, и антенна вписывается в конус.

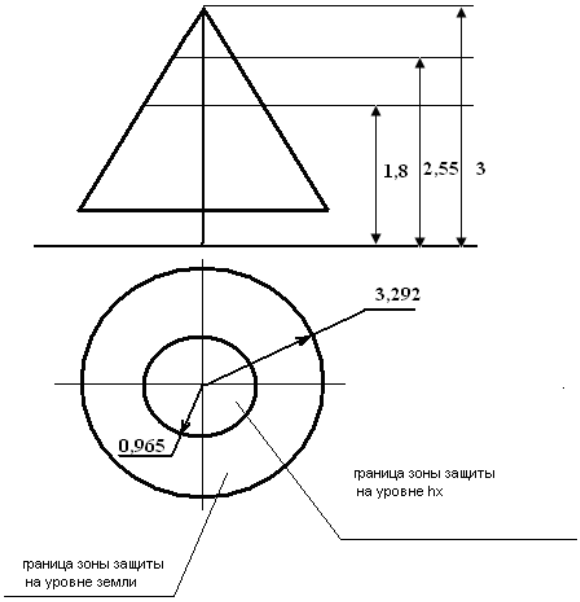

Рисунок 4.2 – Зона защиты одиночного стержневого молниеотвода

где hx - Максимальная высота здания (сооружения), rx-радиус зоны защиты, h - высота стержневого молниеотвода

5 Бизнес – план

5.1 Резюме

В данном разделе выпускной работы рассматривается построение сетей третьего поколения 3G стандарта UMTS в Енбекшиказахском районе.

Стандарт W-CDMA - это принципиально новый уровень информационных услуг, открывающий новые перспективы и возможности.

Одним из главных факторов динамического развития рынка телекоммуникаций является внедрение передовых технологий, позволяющих предоставлять качественно новые услуги с широкими возможностями по обмену информацией. Сегодня одной из таких технологий является технология сотовой связи третьего поколения 3G. Отличительной особенностью данной технологии является ориентация её на предоставление широкого ассортимента услуг высокоскоростной передачи данных.

В соответствии с выпускной работой для построения сети будет установлены десять базовых станции стандарта W-CDMA, производства компании Intracom. Выбор именно этого производителя оборудования обусловлен относительно не дорогой стоимостью оборудования, хорошими техническими характеристиками, совместимостью с оборудованием других производителей, гарантийный срок обслуживания 3 года.

Цель данного бизнес-плана:

- расчет экономической выгоды проектирования сети, посредством общих капитальных вложений, годовых эксплуатационных затрат и доходов, ожидаемой прибыли и срока окупаемости [13];

- для реализации проекта потребуется инвестиционные затраты 11 280 000тенге, проект окупится в течении 1,4 лет;

5.2 Маркетинг

Важно иметь информацию об особенностях рекламы конкурентов, об их «видах» на другие рынки, о дополнительных сервисных услугах для потребителей.

Центральной задачей маркетинговой службы является исследование рынка. Ее оптимальное решение позволяет найти наиболее выгодные варианты сбыта приобретенной продукции. Результатом анализа рынка является простой ответ на непростой вопрос: «Сможет ли предприятие успешно, т.е. с прибылью, продать свой товар?»

Услуги проектируемой сети будут в основном направлены на удовлетворение потребностей молодежи (развлекательный услуги, доступ в Интернет), а также для трудоспособного населения, тесно работающими с информационными технологиями и базами данных (информационные услуги, мобильный банкинг, доступ в Интернет).

5.3 Производственный план

Для осуществления данного проекта необходимо будет установить тринадцать базовых станции фирмы Intracom Wibas-2x. Выбор именно этого производителя оборудования обусловлен относительно не дорогой стоимостью оборудования, отличными техническими характеристиками, совместимостью с другим оборудованием.

А также установить контроллер BSC, для контроля и управления базовыми станциями.

Также для реализации проекта необходимо наличие следующих специалистов:

а) технический персонал (инженеры) с высшим радиотехническим образованием, которые будут заниматься наладкой оборудования и его эксплуатацией;

б) операторы, следящие за функционированием сети.

5.4 Финансовый план

В данном разделе излагается план получения средств для расширения, модернизации предприятия и других проектов. Так же он включает в себя расчет общих капитальных затрат, доходов, эксплуатационных расходов, прибыли, рентабельности и срока окупаемости.

Целью данной разработки является получение максимальной прибыли, при минимальных издержках и высоком качестве предоставляемых услуг, с учетом того, что бы цена была приемлемой для пользователей.

Далее представлены расчеты, показывающие стоимость внедрения, экономическую эффективность использования и срок окупаемости.

4.4.1 Капитальные затраты

Капитальные затраты определим по формуле (5.1):

$$К = Ц + К_{тр} + К_{мон} + К_{пл} \qquad (5.1)$$

где Ц – цена на приобретение оборудования;

$К_{тр}$ – стоимость перевозки к месту эксплуатации;

$К_{мон}$– стоимость монтажа прибора на месте;

$К_{пл}$ – стоимость занимаемой площади;

Для организации данного проекта понадобится следующее оборудование:

Таблица 5.1 - Стоимость оборудования

№	Оборудование Наименование	Стоимость оборудования,тг.	Кол-во	Итого,тг
1	Базовая стан-ция	11 000 000	13	143 500 000
2	Контроллер BSC	17 000 000	1	17 500 000
3	Антенна базовой станции BRA	150 000	13	1 950 000
4	Комплект аккумуляторов	200 000	13	2 600 000
5	Комплект кабелей питания и фидеров	70 000	25	1 750 000
Стоимость всего оборудования с учетом доставки и НДС				167 300 000

Таким образом, цена на приобретение оборудования составляет:

Ц = 167 300 000 тг.

Стоимость перевозки к месту эксплуатации Ктр составляет 2% от цены системы:

$$К_{тр} = Ц \cdot 0.02 = 167\,300\,000 \cdot 0.02 = 3346000 \text{ тг.}$$

Стоимость монтажа прибора на месте составляет 5% от цены системы:

$$K_{мон} = Ц \cdot 0{,}05 = 167\,300\,000 \cdot 0{,}05 = 8365000 \text{ тг.}$$

Стоимость занимаемой площади Кпл составляет 6% от цены системы:

$K_{пл} = Ц \cdot 0{,}06 = 167\,300\,000 \cdot 0{,}06 = 10038000$ тг.

Откуда капитальные затраты равны:

К = 167 300 000+ 3346000+8365000+10038000 = 197414000 тг.

5.4.2 Расчет годовых эксплуатационных расходов

Эксплуатационные расходы определим по формуле:

$$Э_р = ЗП + C_н + A + M + C_{эл} + C_{адм} + C_р \ , \qquad (5.2)$$

где ЗП – основная и дополнительная заработная плата персонала, обслуживающего прибор (устройство, систему) или объект связи с отчислением на социальное страхование и фонд занятости;

$С_н$ – социальный налог;

А – амортизационные отчисления;

М – затраты на материалы и запасные части;

$С_{эл}$ – электроэнергия со стороны производственных нужд;

$С_{адм-}$ - прочие административные управленческие и эксплуатационные расходы;

$С_р$ – затраты на рекламу.

Для вычисления заработной платы приведем среднемесячные оклады обслуживающего персонала, которые сведем в таблицу 9.

Таблица 5.2 – Заработная плата обслуживающего персонала

Наименование должностей и профессий	Всего человек	Оклад, Тенге. Мес.	Основная заработная плата, тенге.мес	Годовой ФЗП, тенге
Директор	1	150 000	150 000	1 800 000
Бухгалтер	1	110 000	110 000	1 320 000
Инженер по эксплуатации БС	2	85 000	170 000	2 040 000
Инженер по сетевому планированию	1	75 000	75 000	900 000

Инженер транспортной сети	1	70 000	70 000	840 000
Оператор абонентского отдела	5	65 000	325 000	3 900 000
Водитель	1	40 000	40 000	480 000
Итого	11		940000	11 280 000

Заработная плата за год составит:

$$ЗП_{осн} = 11280000 тг..$$

Социальный налог составляет 11 % от общей заработной платы:

$$C_н = (ЗП - 0{,}1 \cdot ЗП) \cdot 0{,}11 = (11280000 - 1128000) \cdot 0{,}11 = 1116720 \text{ тг}$$

Амортизация составляет 15% от цены:

$$A = Ц \cdot 0{,}15 = 167\,300\,000 \cdot 0{,}15 = 25095000 \text{ тг.}$$

Затраты на материалы и запасные части находятся в размере 2% от стоимости коммутационного оборудования:

$$M = Ц \cdot 0{,}02 = 167\,300\,000 \cdot 0{,}02 = 3346000 \text{ тг,}$$

Затраты на электроэнергию рассчитаем по следующей формуле:

$$C_{эл} = W \cdot T \cdot S, \qquad (5.3)$$

где W – потребляемая мощность станций, W = 4.5 кВт;
T - количество часов работы оборудования в год;
S – стоимость киловатт-часа электроэнергии, S = 8,84 тг/кВт час.

В таблице 10 приведены технические характеристики используемого оборудования по потребляемой мощности.

Таблица 5.3 – Потребляемая мощность оборудованием ТК

Наименование	Потребляемая мощность, Вт	Кол-во	Общая мощность, Вт
Контроллер BSC	1500	1	1500
Базовая станция	2500	13	32500

Продолжение таблицы 5.3

IBAS	222	13	2886
Антенна BRA	250	13	3250
Итого:			40 136

Таким образом, произведем расчет затрат на электроэнергию:

$C_{эл} = 40{,}1 \cdot 8760 \cdot 8{,}84 = 3105279$ тг.

Стоимость расходов ЗП составляет 30% от годового фонда заработной платы:

$C_{адм} = ЗП \cdot 0{,}3 = 11\,280\,000 \cdot 0{,}3 = 3384000$ тг.

Таким образом, эксплуатационные расходы составят:

$$Э_P = ЗП + C_н + A + M + C_{эл} + C_{адм} + P \qquad (5.4)$$

$Э_P = 11280000 + 1116720 + 25095000 + 3346000 + 3105279 + 3384000 + 300000 = 47626999$

Результаты заносим в таблицу:

Таблица 5.4 - Эксплуатационные затраты

Показатель	Сумма, тенге	Уд.вес, %
ЗП	11280000	23.68
Отчисления на социальные нужды	1116720	2.34
Амортизационные отчисления A_0	25095000	52.7
Затраты на материалы и запасные части	3346000	7.02
Затраты на электроэнергию	3105279	6.51
Прочие административные, управленческие и эксплуатационные расходы	33848000	71.06
Затраты на рекламу	300000	0.63
Всего	47626999	100

На рисунке 5.1 - приведена диаграмма, отражающая структуру производственных эксплуатационных затрат.

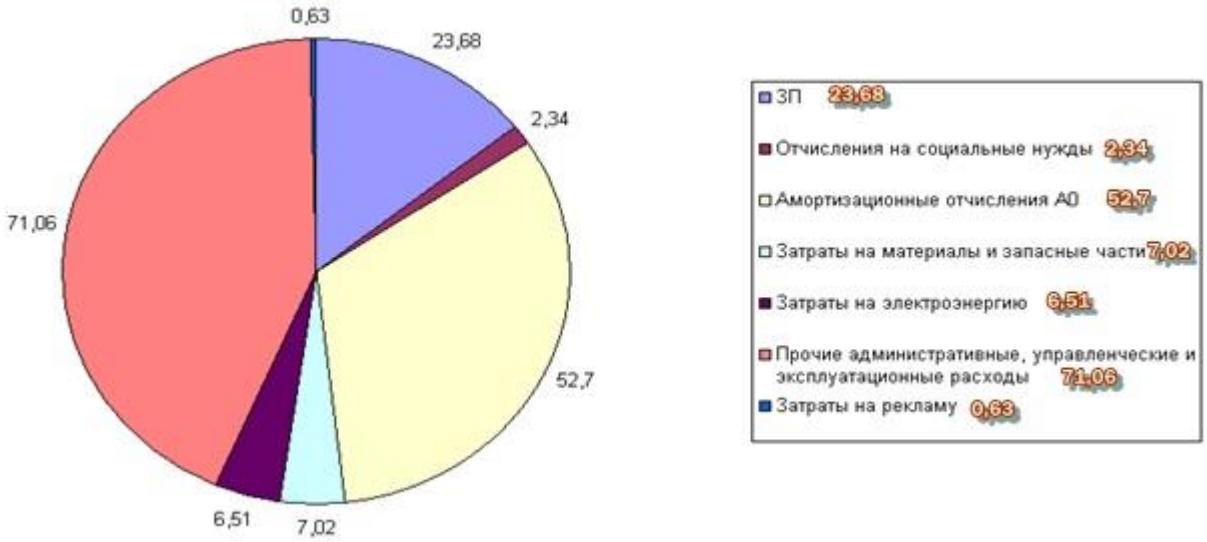

Рисунок 5.1 - Структура эксплуатационных затрат

В итоге наибольшую долю в общей структуре затрат занимают Прочие административные, управленческие и эксплуатационные расходы (71.06%), а так же Амортизационные отчисления (52.7%). Помимо ЗП (23.68%) можно особо выделить Затраты на материалы и запасные части (7.02%)

4.5.3 Расчет доходов от основной деятельности

Рассчитаем доходы предприятия от реализации услуг, а также прибыль от основной деятельности.

Оценка доходов будет происходить следующим образом:

- доходы от подключения;
- доходы от абонентской платы.

В г. Павлодар проживает 323,8 тысяч человек. Общая емкость сети составляет 29530 абонентов. Для расчета внедрения данного проекта возьмем, что первоначально подключится около 40 % от общего числа абонентов. Таким образом, первоначальное количество абонентов будет составлять 11812. Абонентская плата - 200 тенге в месяц.

Откуда вычислим доход за абонентскую плату в год по формуле:

$$Д = 12 \cdot Т_{аб.} \cdot N \qquad (5.5)$$

где $Т_{аб}$ - стоимость абонентской платы .

N - количество абонентов

Получаем:

$Д = 12 * 2000 * 11812 = 283488000$тг

4.5.4 Расчет экономической эффективности

Прибыль - это разность валового дохода и суммы эксплуатационных затрат на производство, то есть:

$$П = Д - С \quad (5.6)$$

где доход равен 283488000 тенге, эксплуатационные затраты составляют 47626999 тенге;

$П = 283488000 - 47626999 = 235861001$ тенге

Экономическая эффективность производства показывает, какую часть денежных средств ежегодно возвращает предприятие от суммы вложенных средств.

Для расчета срока окупаемости необходимо знать величину рентабельности.

$$П_{чист} = П \cdot 0{,}7 \quad (5.7)$$

$П_{чист} = 235861001 \cdot 0{,}7 = 165102700{,}7$ тенге.

Фонд накопления (ФН) состоит из 70% от прибыли:

$$ФН = П_{чист} \cdot 0{,}7$$

(5.8)

$ФН = 165102700{,}7 \cdot 0{,}7 = 115571890{,}49$ тенге.

Ожидаемое чистое денежное поступление:

$$ОЧДП = ФН + А \quad (5.9)$$

$ОЧДП = 115571890{,}49 + 25095000 = 140666890{,}49$ тенге.

Срок окупаемости - это величина, показывающая, за какой период времени произойдет возврат денежных средств (капитальных вложений), затраченных на организацию предприятия.

Экономический эффект:

$$T_{ок} = \frac{K_{вл}}{ФН + A_0}, \qquad (5.10)$$

$$T_{ок} = \frac{197414000}{140666890,49} = 1,4 \text{ лет}$$

Таким образом, средства, вложенные в организацию проекта «Внедрение четвертого поколения», предприятие окупит за 1.4 лет или за 8 месяцев.

Необходимо привести в сопоставимые условия и ставку дисконта принять равной 20 %, r = 0,2. Приведенный чистый доход составит:

ПЧД = Кпр·ОЧДП,
(4.16)

где $Кпр_t = 1 / (1 + r)^t$.

Определим коэффициент для первого года:

$Кпр_1 = 1 / (1 + 0,2)^1 = 0,83$

Приведенный чистый доход для первого года составит:
$ПЧД_1$ =140666890,49· 0,83= 116753519 тенге

На основании того, что дисконта расчетного года равна 1, а значит, сумма остается та же, складываем чистый доход расчетного года с последующим и получаем:

CF_o =140666890,49+116753519 =257420409,49тенге

Абсолютная величина чистого дохода вычисляется по формуле:

$$NPV = CF_o - K_{\sum ВЛ} \qquad (5.11)$$

NPV =257420409,49–197414000= 60006409,49 тенге.

Очевидно, что если: NPV > 0, то проект приемлем;

NPV < 0, то проект следует отвергнуть.

NPV = 0, то проект ни прибыльный, ни убыточный.

Так как мы получили NPV = 60006409,49 тенге, то проект следует принять.

Заключение

В данной выпускной работе целью которого было, разработка сети третьего поколения 3G стандарта WCDMA.

В первой главе выпускной работы рассмотрены основные особенности и понятия сетей 3G, концепция построения, услуги третьего поколения и основные этапы перехода к UMTS. А также их дальнейшее развитие.

Во второй главе было описано оборудование сети 3G компании Intracom.

В третьей главе произведен расчет основных параметров сети связи, анализ канала прямого и обратного соединения. Была определена зона покрытия и анализ емкости базовой станции.

В четвертой главе был произведен анализ безопасности жизнедеятельности сотрудников. Проведен расчет условий, обеспечивающих безопасную и эффективную работу персонала, обслуживающего оборудование сети. В результате анализа были выявлены и устранены основные опасные и вредные факторы, которым подвергаются работники предприятия в процессе трудовой деятельности.

В пятой главе был составлен бизнес план. По результатам расчета, экономическая эффективность проекта с учетом фактора времени (дисконтирования) свидетельствует об инвестиционной привлекательности проекта.

Список литературы

1. Володина Е.Е., Тихвинский В.О. Управление качеством услуг подвижной связи третьего поколения: Мобильные системы. - 2005.

2. Chevallier C. WCDMA (UMTS) Deployment Handbook. Planning and optimization / Christophe Chevallier – John Wiley & Sons LTD, England, 2006 – 390 p.

3. Невдяев Л.М. Мобильная связь 3-го поколения / Л.М. Невдяев, под ред. Ю.М. Горностаева. – М.: Международный центр научной и технической информации, ООО «Мобильные коммуникации», 2000 – 208 с.

4. Кааранен Х. Сети UMTS. Архитектура, мобильность, сервисы / Х. Кааранен, А. Ахтиайнен, Л. Лаитинен, С. Найян, В. Ниеми. - М.: Техносфера, 2008 – 468 с.

5. Ландау, Л. Д., Лифшиц, Е. М. Статистическая физика. Часть 1. — Издание 5-е. — М.: Физматлит, 2001. — 616 с. — («Теоретическая физика», том V).

6. Артюхин В.В, Лановенко М.В. Сети и системы мобильной связи 3 - го поколения. Программа, методические указания и задания к выполнению курсовой работы. - Алматы: АИЭС, 2006. - с.28

7. Х. Кааранен, А. Ахтиайнен, Л. Лаитинен, С. Найян, В. Ниемин. Сети UMTS. Архитектура, мобильность, сервисы.

8. http://www.altel.kz/about/technologies-wll/

9. http://www.cdma.ru/technology/standart/3g/

Приложение А

Расчет прямого канала с помощью программы MathCAD15

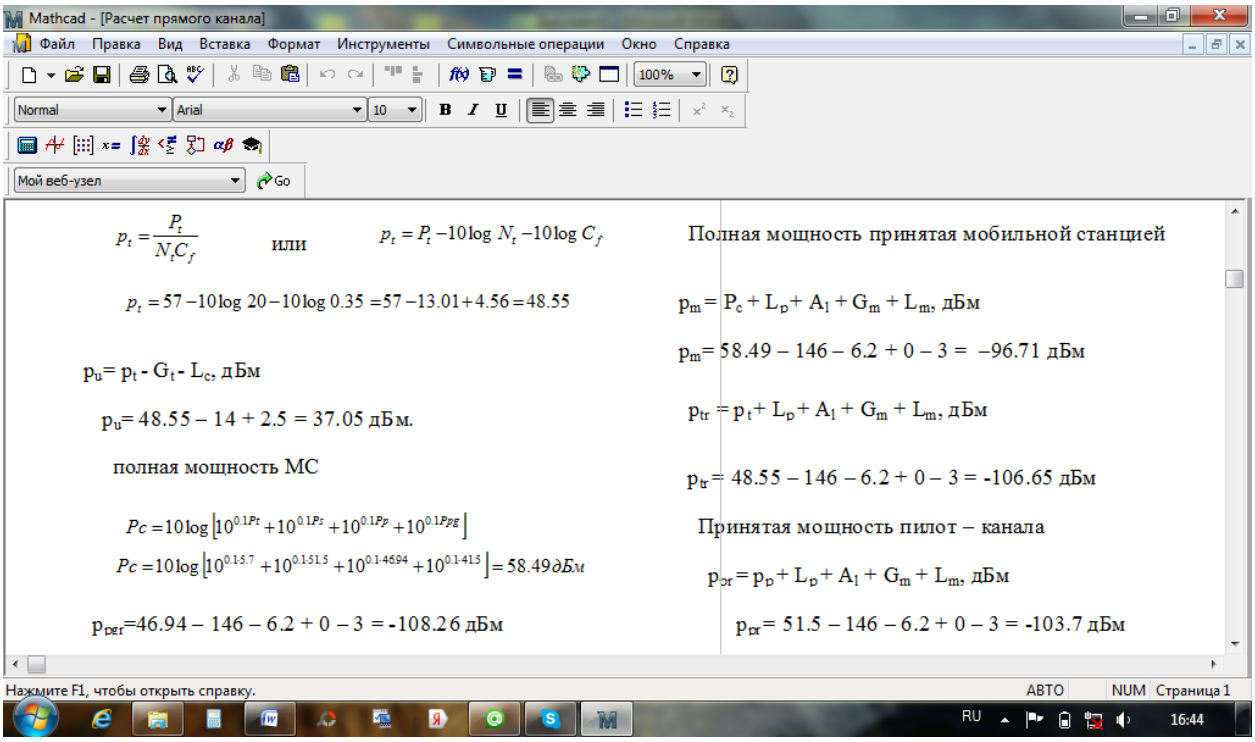

Рисунок А.1 –Окно расчета прямого канала с помощью программы MathCAD15

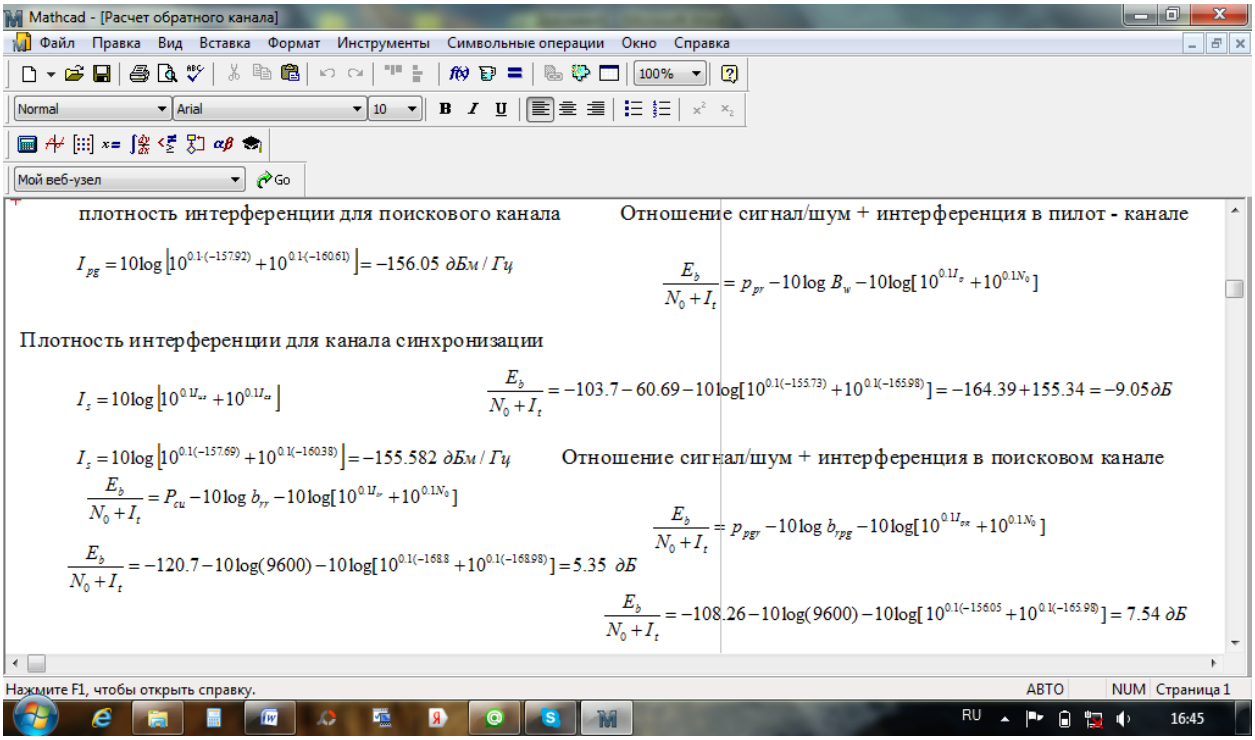

Рисунок А.2 – Расчет обратного канала с помощью программы MathCAD 15

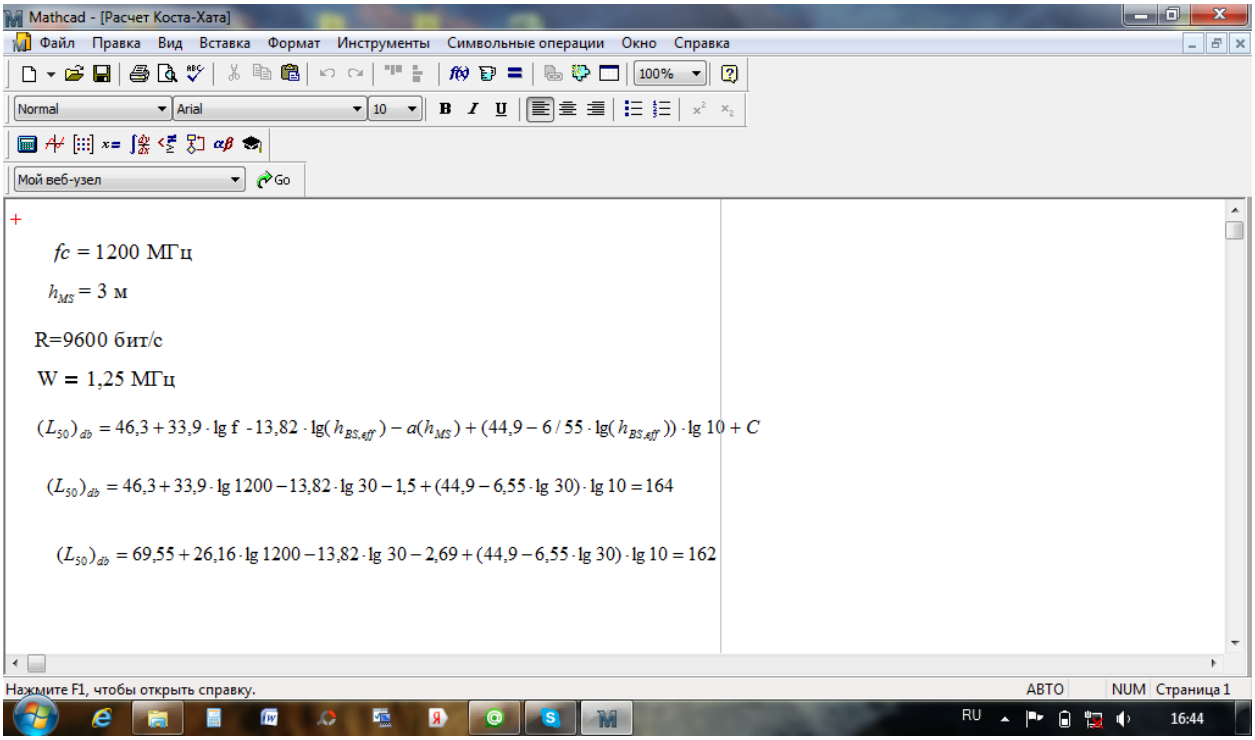

Рисунок А.3 – Расчет обратного канала модели COST231-Хата с помощью программы MathCAD 15

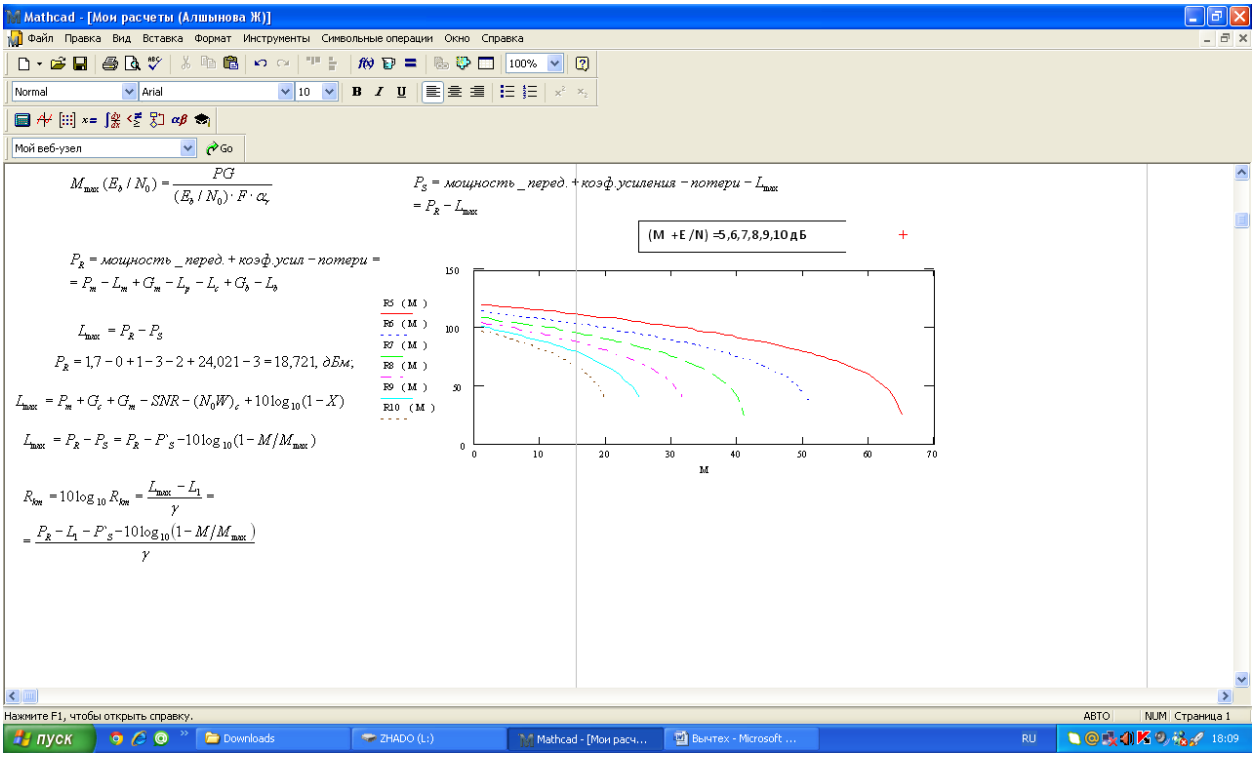

Рисунок А.4 - График зависимости радиуса соты от загрузки соты, выполненный в программе MathCAD 15

Приложение Б

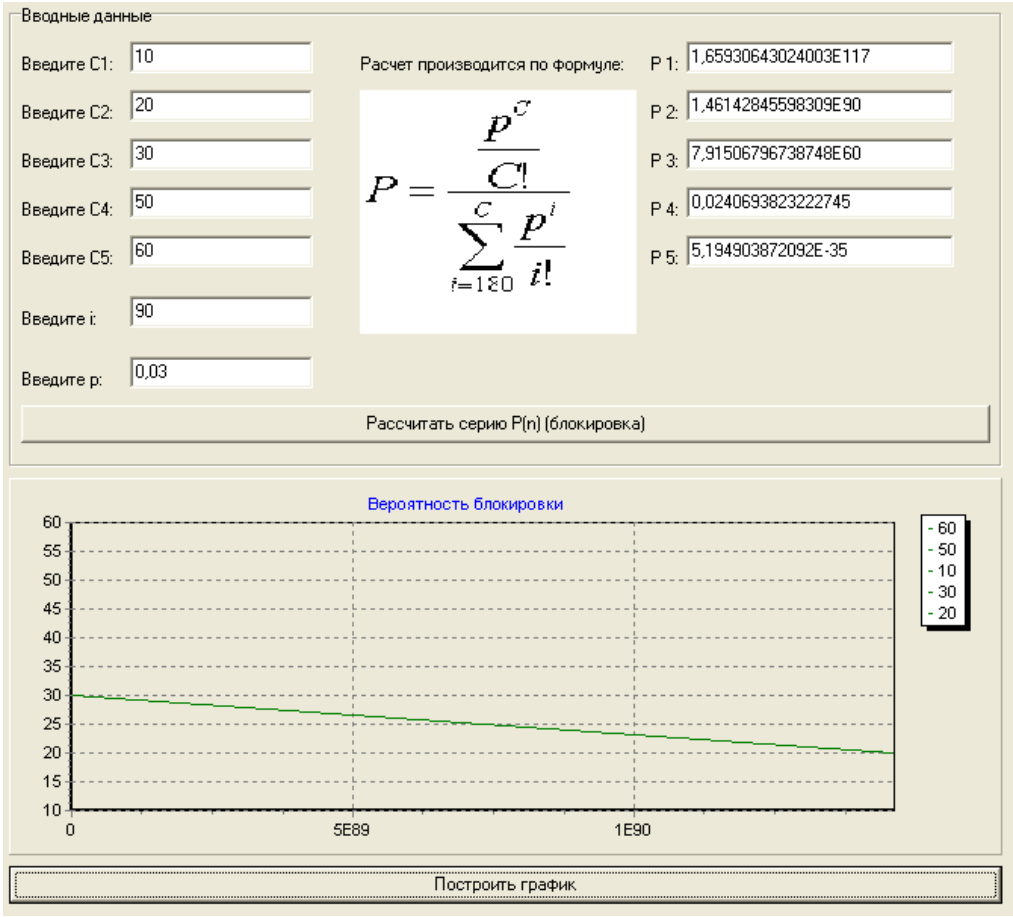

Рисунок Б.1 - Расчет абонентской нагрузки в программе на языке «Delphi»