МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество
АЛМАТИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ

кафедра Телекоммуникационных систем

«Допущен к защите»
Заведующий кафедрой ТКС
Шашахметов Д.Ф. к.т.н
(Ф.И.О., ученая степень, звание)
_____ «____» _____ **2014 г.**
(подпись)

ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

На тему: Проектирование многоканальной телекоммуникационной сети в Илийском районе

Специальность 5В0719 Радиотехника, электроника и телекоммуникации

Выполнил (а) Амилбеков Абай Шанхарович МТС-10-04
(Фамилия и инициалы) группа

Научный руководитель Федулина И.Н., к.ф.-м.н., доцент
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)

Консультанты:

по экономической части:
Бокашова Г.Ш., доцент каф ЭОиУП
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
_____ «09» 06 2014 г.
(подпись)

по безопасности жизнедеятельности:
Жусебаев М.К., д.т.н. профессор
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
_____ «09» июня 2014 г.
(подпись)

по применению вычислительной техники:
Артюхин А.В., старший преподаватель
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
_____ «10» июня 2014 г.
(подпись)

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

Нормоконтролер: Кондратович А.П. старший преподаватель
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
_____ «10» 06 2014 г.
(подпись)

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

Алматы 2014 г.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество

АЛМАТИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ

Факультет Радиотехники и связи
Специальность 5В 071900-Радиотехника, электроника и телекоммуникации
Кафедра Телекоммуникационных систем

ЗАДАНИЕ

на выполнение дипломного проекта

Студент Аминбеков Абай Шалкарович
(фамилия, имя, отчество)

Тема проекта „Проектирование многоканальной телекоммуникационной сети в Илийском районе"

утверждена приказом ректора № ___ от «___» сентября 20___ г.
Срок сдачи законченной работы «___» _____ 20___ г.
Исходные данные к проекту требуемые параметры результатов проектирования (исследования) и исходные данные объекта

Населенный пункт – Илийский район
Площадь района – 7800 км²
Численность населения – 154 124 человек
Рельеф местности – от $\Delta h_1 = 12$ м до $\Delta h_2 = 45$ м

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

Анализ технологии многоканальной телекоммуникационной системы. Выбор оборудования и структура CDMA450. Расчет зон покрытия базовой станции сотовой связи. Расчет надежности оборудования сети сотовой связи стандарта CDMA 450. Расчет мощности при прямом соединении. Расчет мощности при обратном соединении. Расчет емкости базовой станции. Расчет радиуса соты.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)

Рисунки: Проектируемая сеть радиодоступа, Беспроводной доступ, Структурная схема организации связи Илийского района. Эволюция от стандарта IS-95A к стандартам третьего поколения, Структура сети CDMA 2000 1X, Упрощенная схема многоканального адаптивного проекта, Помеховый фон, Схема структуры подсистемы базовой станции ZXC 10-BSS, Архитектура системы ZXC 10-MSC IVLR, Структура эксплуатационных расходов, График зависимости радиуса соты от загрузки соты, Кривые для определения дальности связи

Рекомендуемая основная литература

Громаков Ю. А. Стандарты и системы подвижной радиосвязи. - М.: Эко-Трендз, 1998.

Ратынский М.В. Основы сотовой связи. - М.: Радио и связь, 1998

Кларк Д., Кейн Д. Кодирование речи в цифровой телефонии. Сети и системы связи. - М.: 1996

Андрианов В.И., Соколов А.В. Средства мобильной связи. - Санкт-Петербург, 1998

Консультанты по проекту с указанием относящихся к ним разделов

Раздел	Консультант	Сроки	Подпись
Техническая часть	Федумка И.Н.	12.05 - 09.06.14	
Экономическая часть	Боканова Г.Ш.		
БЖД	Джсебаев М.К	17.03 - 09.06.14	
Применение вычт. техн.	Артюхин А.В.	12.05 - 10.06.14	
Нормоконтролер	Кондратович А.П.		

Г Р А Ф И К
подготовки дипломного проекта

№ п/п	Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления руководителю	Примечание
1	Анализ технологии МТКС	29.02.14	
2	Обоснование постановки задачи проект.	30.02.14	
3	Выбор оборудования и структура СОМА	2.03.14	
4	Система СОМА 450	5.03.14	
5	Общая структура подсистемы БС	7.03.14	
6	Технические характеристики системы	10.03.14	
7	Описание плат системы	12.03.14	
8	Центр мобильной коммутации	17.03.14	
9	Расчет зоны покрытия базовой ст.	21.03.14	
10	Расчет надежности оборудования	24.03.14	
11	Расчет мощности при прямом соед.	3.04.14	
12	Расчет мощности при обратном соед.	3.04.14	
13	Расчет емкости БС	7.04.14	
14	Расчет радиуса соты	10.04.14	
15.	Бизнес-план	14.04.14	
16	Маркетинг	20.04.14	
17	Организационный план	27.04.14	
18	Финансовый план	28.04.14	
19	Производственный план	29.04.14	
20	Анализ условий труда	10.05.14	
21	Расчет защитного заземления	12.05.14	
22	Расчет молниезащиты	21.05.14	

Дата выдачи задания «____»_____20___ г.

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

Руководитель _____ Федулова И.Н.
(подпись) (Фамилия и инициалы)

Задание принял к исполнению
студент _____ _____
(подпись) (Фамилия и инициалы)

АҢДАТПА

Бұл бітіру жұмысында CDMA 450 технологиясының негізінде Алматы облысының Іле ауданында көп арналы телекоммуникациялық желінің жобалауы қарастырылады. Жобаның түсініктеме бөлімінде қолданылатын өндіруші-фирманың жабдықтары жайлы деректер, олардың функциональдық мүмкіндігі және программаның логикалық құрылымы көрсетілген, сонымен қатар негізгі станцияның қамту зонасы және жабдық сенімділігінің есебі жүргізіледі.

Өміртіршілік қауіпсіздігі тарауында нөлдеу жұмысы орындалады, ұйымдастырылып отырған сымсыз жүйеге қызмет көрсету және пайдалану кезіндегі мәселелері қарастырылады.

Экономикалық бөлімде жылдық пайдалану шығындары мен табысты қоса алғанда, жобаның абсолютті экономикалық тиімділігі және өтелу мерзімі анықталады.

АННОТАЦИЯ

В данной выпускной работе рассматривается проектирование многоканальной телекоммуникационной сети на технологии CDMA 450 в Илийском районе Алматинской области. В процессе работы изучен ряд документаций производителей оборудования с описанием технологий, касающихся технических параметров базовых станций, основных функций и характеристик, внутренних интерфейсов, и соответственно произведен расчет зоны покрытия базовой станции и надежности оборудования.

В разделе безопасности жизнедеятельности выполняется зануление оборудования, рассматриваются вопросы при обслуживании и эксплуатации проектируемой беспроводной системы.

В экономической части производится расчет абсолютной экономической эффективности и срока окупаемости, включая годовые эксплуатационные расходы и прибыль.

ANNOTATION

In this final work, planning of multichannel TCN is examined on technology of CDMA 450 in Ile district of Almaty Province. In the process of work the row of documentations of producers of equipment is studied with description of technologies, touching the technical parameters of the base stations, basic functions and descriptions, back-end interfaces, and the calculation of zone of coverage of the base station and reliability of equipment is accordingly produced.

Grounding of equipment is executed in the division of safety of vital functions, questions are examined at service and exploitation of the designed off-wire system.

The calculation of absolute economic efficiency and term of recoupment is produced in economic part, including annual running expenses and profit.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение 8
1 Постановка задачи обзора многоканальной телекоммуникационной системы связи 9
1.1Анализ технологий многоканальной телекоммуникационной системы 9
1.2Выбор и анализ оптимального варианта системы для проекта 9
1.3Характеристики и преимущества стандарта IMT-MC 450 перед другими цифровыми стандартами 17
1.4Борьба с помехами 22
1.5Обоснование постановки задачи проекта 25
2 Выбор оборудование и структура CDMA 450 28
2.1Система CDMA 450МГц от Корпорации ZTE 28
2.2Общая структура подсистемы базовой станции 31
2.3Технические характеристики системы 32
2.4Описание плат системы сотовой связи 33
2.5Центр мобильной коммутации 35
3 Основная расчетная часть 39
3.1Расчет зоны покрытия базовой станции сотовой связи 39
3.2Расчет радиуса зоны 1 при связи ЦС и подвижной АС 39
3.3Расчет радиуса зоны 2 при связи ЦС и подвижной АС 42
3.4Расчет радиуса зоны 1 при связи ЦС с БС или стационарной АС 43
3.5Расчет радиуса зоны 2 при связи ЦС с БС или стационарной АС 46
3.6Расчет надежности оборудования сети сотовой связи стандарта CDMA 450 46
3.7Расчет мощности при прямом соединении 48
3.7.1 Эффективная мощность излучения трафик канала 48
3.7.2 Мощность приходящиеся на одного абонента (мобильную станцию 48
3.7.5Полная мощность БС 49
3.8 Усиление мощности базовой станции
3.9 Полная мощность принятая мобильной станцией 49
4 Расчет мощности при обратном соединении 50
4.1Расчет емкости БС 51
4.2Расчет радиуса соты 52
4.3Бизнес – план 59
4.4Сущность проекта 59
4.5Характеристика проекта 59
4.6Маркетинг 60

4.6.1Организационный план 62
4.7 Производственный план 63
4.8 Финансовый план 63
4.9 Капитальные затраты 63
4.1 0Расчет годовых эксплуатационных расходов 64
4.11 Расчет доходов от предоставления услуг сотовой связи 67
4.12 Расчет срока окупаемости 70
5 Безопасность жизнедеятельности 73
5.1 Анализ условий труда 73
5.2 Разработка системы естественного освещения 76
5.3 Расчет системы искусственного освещения 79
5.4 Расчет защитного заземления 82
5.5 Разработка молния защиты 84
Заключение 88
Список литературы 89
Приложение А 90
Приложение Б 93
Приложение В 94

ВВЕДЕНИЕ

Прошло немногим более двух десятилетий с момента появления первых мобильных телефонов, но мобильная связь уже подверглась существенным изменениям. Системы первого поколения, основанные на аналоговом принципе, использовались исключительно для телефонной связи и лишь впоследствии обзавелись некоторыми базовыми сервисами. Системы второго поколения, включая стандарт GSM, предоставляют улучшенное качество передачи и защиту сигнала, дополнительные сервисы, низкоскоростную передачу данных, и для систем GSM - автоматическую службу роуминга для удобства передвижения абонента по разным странам и континентам.

Технология третьего поколения (3G) обеспечивает высококачественную передачу речи, изображений (скорость предположительно будет достигать 2 Мбит/с вместо 9.6 Кбит/с, доступных сегодня), мультимедиа контента и доступ в Internet, а также обмен данными между мобильным телефоном и компьютером. В то же самое время 3G технологии должны улучшить качество сервиса сетей вторых поколений, добавляя им множество новых услуг.

Стандарт CDMA в настоящее время используется достаточно широко и существует большое количество его разновидностей. Основой сотовых систем является многократное использование радиоканала в различных географических пунктах, то есть использование технологии частотного разделения (или частного уплотнения) каналов. Зона обслуживания разбивается на абстрактные шестиугольные сегменты (соты), при этом две несмежные соты могут использовать одну и ту же частоту, а размер соты зависит от плотности размещения абонентов. Следовательно, эта технология значительно улучшает показатель использования спектра и эффективно повышает емкость системы. С другой стороны, развитие технологии микроэлектронных устройств, компьютерной технологии, технологии сетей связи, технологии кодирования и цифровой обработки сигналов способствовало также активному развитию средств подвижной связи в части коммутации, системы сигнализации и технологии кодирования на основе модуляции радиосигналов. В результате этого на смену аналоговым системам сотовой подвижной связи пришли цифровые системы, вместо технологии FDMA стали применяться технологии TDMA и CDMA, системы сотовой подвижной связи первого поколения постепенно заменялись системами третьего поколения.

Данный дипломный проект посвящен вопросу проектирования сотовой сети стандарта CDMA-450 в Илийском районе.

1 Постановка задачи обзора многоканальной телекоммуникационной системы связи

1.1 Анализ технологий многоканальной телекоммуникационной системы

Многоканальные телекоммуникационные системы являются неотъемлемой частью сетей связи, обеспечивая передачу огромных объемов информации на большие расстояния. Современные цифровые и аналоговые **многоканальные телекоммуникационные системы,** предназначены для передачи разнообразной информации (речевой, телевизионной, мультимедийной, передачи данных и др.) на большие расстояния (до десятков тысяч километров). Передача этой информации осуществляется по кабельным (электрическим и оптическим), волноводным, радиорелейным и космическим линиям связи с организацией десятков тысяч каналов при скоростях передачи до нескольких десятков Гбит/с.

1.2 Выбор и анализ оптимального варианта системы для проекта

Несколько особняком стоит фиксированный радиодоступ (английский термин WLL – Wireless Local Loop). Данный способ подключения абонентов в последние годы начал широко применяться во всем мире для решения задач, предоставления традиционных услуг аналоговой телефонии. Предоставление с помощью средств радиодоступа цифровых, особенно широкополосных услуг затруднено ограниченностью частотного ресурса.Радиодоступ применяется в основном альтернативными операторами, не имеющими собственной кабельной распределительной сети. Эффективен он также в труднодоступных и малонаселенных районах.

Решениям, ориентированным на отечественный рынок, и посвящен последующий анализ. Попробуем чуть более подробно охарактеризовать каждый из известных способов строительства сети абонентского доступа.

Большой интерес вызывает развитие сетей беспроводного доступа, имеющих бесспорное преимущество при отсутствии кабельной инфраструктуры, в труднодоступных и малонаселенных районах. В связи с недостатком кабельной распределительной и магистральной ёмкости на Илийском районе, а также с заменой морально и физически устаревших аналоговых АТС и систем передач необходимо провести модернизацию сети района, используя единый комплекс оборудования. В нашем случае предполагается использовать оборудование абонентского радиодоступа стандарта CDMA WLL. Модернизируемая телекоммуникационная сеть должна обеспечить разнообразные сервисные приложения, а также обладать способностью расширения и структурного изменения при необходимости в предоставлении новых услуг, исходя из позиции мировой тенденции и стратегии технического развития телекоммуникационных сетей и систем.

Другим достоинством систем радиодоступа является быстрота их развертывания и возможность поэтапного наращивания по мере необходимости. Главными недостатками являются ограниченная пропускная способность (во всех системах применяется принцип концентрации для экономии частотных ресурсов) и относительно высокая стоимость в расчете на абонента. Все системы WLL ориентированы, прежде всего на

предоставление услуг аналоговой телефонии, что нельзя назвать недостатком для условий Казахстана. Среди наиболее распространенных технологий, используемых в системах радиодоступа, можно назвать стандарты сотовой телефонии DAMPS, GSM, стандарты беспроводной телефонии CT-2 и DECT, а также технологии CDMA и некоторые частные протоколы, как например FH TDMA и другие. В данной дипломной работе для расширения радиодоступа в Илийском районе необходимо установить 3 базовых станции CDMA-450 в населенных пунктах:Казцик,Караой и Отеген Батыр. Так как в этих населенных пунктах очень нуждаются услугой радиосвязи. И еще одну базовую станция СДМА-800 в Отеген Батыр,так как там число населения составляет 22400 человек и рядом находятся много населенных пунктов. В Отеген Батыр стоит одна базовая станция и поэтому надо поставить еще 2 базовых станции. На рисунке 1.1 представлена проектируемая сеть радиодоступа.

Рисунок 1.1 – Проектируемая сеть радиодоступа

Стоимость решения на основе радиодоступа складывается, во-первых, из стоимости проектирования, подготовительных инжиниринговых работ, частотных присвоении, а также инфраструктуры оборудования радиодоступа. Все эти расходы (назовем их стартовыми) мало зависят от числа абонентов и практически не зависят от длины беспроводной абонентской линии (в пределах зоны действия системы). Второй составляющей расходов в системе

радиодоступа является абонентский терминал. Эта составляющая растет линейно с ростом количества абонентов, но также не зависит от длины линии.

Система беспроводного доступа является цифровой системой беспроводного абонентского доступа. В системе, телефонные линии, т.е. интерфейс между абонентом и системой коммутации ТФОП, заменен беспроводной системой и обеспечивает услуги телефонии и передачи данных.

В состав сети входят контроллер базовых станций, подсистема приемопередающих базовых станций, стационарные абонентские терминалы и Менеджер базовых станций. Типовая архитектура системы беспроводного абонентского доступа представлена на рисунке 1.2.

Данное устройство предназначено для концентрации и в ряде случаев коммутации трафика (WLL), обработки вызовов и обеспечения связи с коммутатором ТфОП.

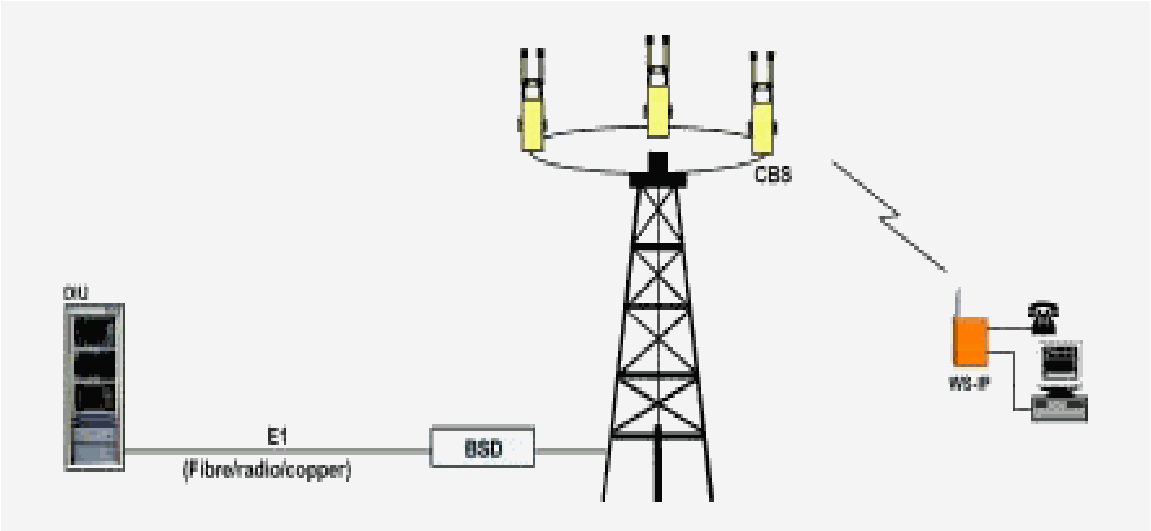


Рисунок 1.2 – Беспроводный доступ

Контроллер базовых станций (BSC)

Базовая станция (BTS) осуществляет радиосвязь со стационарными абонентами и обеспечивает передачу вызовов контроллеру базовых станций. BTS состоит из антенно-фидерного тракта, приемопередающей аппаратуры и подсистемы питания. Абонентские терминалы. представляют собой настольные телефонные аппараты с трансивером и антенной.

Качественный анализ технологий

Попробуем сделать качественный анализ различных технологий и посмотреть, в какой степени они отвечают поставленной задаче – телефонизация с использованием различных технологий абонентского доступа. Из анализа таблицы 1.1 можно сделать вывод, что операторы будут тяготеть к трем более современным способам решения проблемы доступа (уплотнение и радиодоступ), так как именно они позволяют решить вопрос

подключения абонентов существенно быстрее, чем в случае прокладки медного кабеля, либо предоставить больший набор услуг (ВОЛС). Такой вывод подтверждается и практикой. Большинство альтернативных операторов значительно раньше базовых начали использовать оборудование ЦСПАЛ и широко внедрять ВОЛС. Радиодоступ, как технологическое решение, получил распространение сравнительно недавно, но уже очевидно, что и в мировой и отечественной практике это решение для городской связи применяется в основном альтернативными операторами, тогда как для сельской связи оно эффективно и у базовых операторов связи.

Т а б л и ц а 1.1 – Качественный анализ технологий

Параметр	Уплотнение АЛ	Применение ВОЛС	Радиодоступ	Медный кабель
Цена,$	низкая (150)	средняя (200…600)	высокая (500..1000)	средняя (100…300)
Затраты на обслуживание	низкие	низкие	низкие	высокие
Мобильн.	высокая	низкая	высокая	низкая
Гибкость	средняя	высокая	низкая	низкая
Полоса пропускания	До 2 Мбит/с	До 155 Мбит/с	Обычно до 32 кбит/с	Аналоговая передача

Теперь попробуем проанализировать стоимостные показатели различных способов организации доступа. Стоимостной анализ, безусловно, является чрезвычайно важным для современного оператора, стремящегося к наибольшей экономической эффективности своей деятельности.

Рассмотрим случай модернизации городской АТС. Задача состоит в раздаче новых телефонных номеров (количество которых увеличилось по сравнению с существовавшим ранее в 2 - 4 раза) абонентам, равномерно распределенным в радиусе до 5 км от АТС. Количество абонентов, подключаемых в каждой точке, как правило, для этого случая составит не более 10. Этот параметр существенен для проводных технологий (медный кабель и ВОЛС). Для ЦСПАЛ количество подключаемых в каждой точке абонентов не существенен (при наличии кабельных вводов в каждое здание), а для радиодоступа количество подключаемых абонентов рассчитывается на всю зону радио покрытия (то есть все количество дополнительно введенных номеров, как правило, более 600). Рассмотрим применение различных способов доступа для данной задачи.

Как видим, при коротких АЛ (либо участков АЛ, подлежащих усилению) традиционное кабельное решение все еще оказывается наиболее дешевым. Однако при увеличении длины АЛ свыше 1…1.5 км эффективным становится применение ЦСПАЛ. ВОЛС и радиодоступ оказываются более дорогими решениями для данной задачи. При выборе между усилением кабельного ввода и применением ЦСПАЛ оператору целесообразно учитывать также временной фактор, ведь во время строительно-монтажных работ оператор не получает оплаты от клиента. Принимая во внимание все вышесказанное, а также основываясь на практическом опыте взаимодействия с операторами, для решения данной задачи можно рекомендовать применение ЦСПАЛ при длине участка АЛ, подлежащего усилению, более 100 метров.

Теперь рассмотрим следующую типовую задачу – телефонизацию объектов нового строительства (жилых домов, бизнес центров и т.д.). Для этой задачи характерны относительно небольшая длина АЛ (до 5 км), а также большое число абонентов, подключаемых в одной точке (здании или квартале) – более 500 терминалов.

Применение ЦСПАЛ для решения поставленной задачи невозможно, поскольку кабельный ввод в здание отсутствует, а следовательно нечего уплотнять. Поэтому сравнению подлежат другие технологии. Радиодоступ, как и в первом случае, оказывается самым дорогим решением. Гибкость радио решения (возможность быстро переставлять абонентские терминалы с места на место в пределах зоны действия) также не принципиальна для рассматриваемого случая, так как все абоненты заведомо будут находится в пределах объекта на постоянных местах. Конкурирующими решениями остаются прокладка медного или волоконно-оптического кабеля. Время, требуемое на прокладку, практически одинаково. Более того, для случая нового строительства, когда каблирование может осуществляться одновременно с окончательной отделкой зданий, даже радиодоступ не дает выигрыша во времени. При окончательном выборе между ВОЛС или медным кабелем оператору необходимо учитывать качественные отличия, перечисленные в таблице 1.1.

Теперь рассмотрим типовую задачу для сельской местности, пригородов, районов малоэтажной застройки. Для этой задачи характерны отсутствие инфраструктуры медных кабельных линий (поэтому невозможно или ограничено применение ЦСПАЛ), малое количество абонентов, подключаемых в каждой точке, а также большое расстояние от АТС до мест расположения абонентов (до 10 и более километров).

Рассмотрев теоретически несколько типовых задач телефонизации не исчерпаны всех возможных и рентабельных применений для тех или иных средств доступа. Например, радиодоступ и ЦСПАЛ часто используются как временные решения, чтобы обеспечить связь до завершения прокладки кабеля либо для организации каких-либо разовых мероприятий (фестивали, спортивные состязания и т.д.). Во многих случаях, особенно в деловых районах, операторы прокладывают ВОЛС не для предоставления аналоговых

телефонных услуг, а для предоставления цифровой связи. Для этих же целей могут быть использованы и специализированные радиосредства.

Мы дали лишь обобщенный и, естественно, упрощенный сравнительный анализ технологий абонентского доступа. В каждом конкретном случае необходимо учитывать множество объективных факторов, таких как разброс стоимости ЦСПАЛ в зависимости от типа, потребность (в том числе и потенциальная) в тех или иных услугах, доступность радиочастот в данном регионе и так далее. Поэтому рекомендуется операторам обращаться к поставщикам средств доступа с постановкой задачи, а затем вместе анализировать различные возможности ее решения с целью оптимизации технико-экономических параметров.

Приведем статистику, собранную на основе практической деятельности по поставке средств абонентского доступа признанным лидером на рынке России, компанией НТЦ «Натекс». Данная статистика показывает тенденции развития этого сегмента рынка в России. В представленной ниже таблице вы найдете соотношение объемов реализации (по числу абонентских линий) тех или иных средств доступа. В таблице не указано медно-кабельное решение, хотя по косвенным данным можно судить, что с помощью этого традиционного метода все еще производится более 90% абонентских подключений.

Как видно из таблицы 1.2, тенденция применения оборудования расширяется по сравнению с традиционными видами доступа, что подтверждает активизацию рынка телекоммуникаций в ускорении предоставления услуг операторами связи

Таблица 1.2 - Сравнительный анализ применения различных средств доступа

Оборудование	2000 год	2005 год	2010 год
ЦСПАЛ (4, 8 каналов)	95%	85%	60%
ЦСПАЛ (30 и более)	5%	5%	10%

Продолжение таблицы 1.2

Оборудование	2000 год	2005 год	2010 год
DLC	0	5%	5%
оборудование РД	0	5%	25%

При использовании беспроводной технологии основные затраты приходятся на оборудование, цены на которое неуклонно падают. Уже сегодня в целом ряде случаев радиодоступ является выгодной альтернативой проводному решению.

Уменьшение капитальных затрат - не единственный аргумент в пользу построения абонентской сети на базе радиосредств. Радиодоступ дает возможность сократить сроки строительства абонентской сети, быстрее вводить ее в эксплуатацию, а значит, уменьшить сроки окупаемости.

Технология абонентского радиодоступа позволяет минимизировать начальные инвестиции и наращивать емкость сети постепенно - за счет доходов, полученных от эксплуатации первоначально введенной емкости.

Система абонентского радиодоступа является гибким средством, благодаря которому оператор способен получать дополнительный доход. Такая система может использоваться для организации связи в течение определенного промежутка времени; ряд систем позволяет создавать сети с ограниченной мобильностью абонентов в рамках той же инфраструктуры и многое другое.

Существуют несколько типов систем абонентского радиодоступа, которые используют различные технологии и, соответственно, по-разному удовлетворяют потребности оператора в организации связи. Указанные системы оптимизированы для покрытия больших территорий, и следовательно, являются наилучшим решением в случае невысокой плотности потенциальных абонентов.

Описанный ниже анализ технологий, используемых в решении абонентского доступа позволяет нам с уверенностью остановить выбор на системе радиодоступа. При выборе системы беспроводного доступа оператор учитывает несколько важнейших требований, которые определяют рентабельность работы:

− простота решения административных вопросов (лицензии, права на частотный диапазон, согласование проектов и т.д.);

− быстрое развертывание, обеспечивающее удовлетворение спроса на услуги и поступление доходов;

− сервис равноценный или лучше обеспечиваемого кабельными медными сетями, высокое качество передачи голоса и данных;

− гибкость, совмещение обслуживания подвижных и стационарных абонентов;

− низкая стоимость оборудования, его установки и обслуживания;

− возможность поэтапного развертывания с минимизацией первоначальных затрат;

− надежность, доказанная опытом эксплуатации.

Реконструкция сети с использованием технологии CDMA позволит телефонизировать населенные пункты ниже районного центра, такие как Караой, Казцик, Междуреченкское, Косозен и другие, где телефонная связь и услуги по передаче данных недоступны, ненадежны или слишком дороги, а так же следует считать замену изношенных оконечных сельских станций и абонентских линий.

Реализация данного проекта позволит добиться ряда преимуществ, вследствие того, что базовая станция CDMA и приемопередатчик базовой станции позволит телефонизировать весь Илийский район, при этом предоставляя не только стандартные, но и дополнительные виды услуг. Сельское население будет иметь возможность пользоваться как универсальными услугами связи, так и услугами Интернет, телемедицины и телеобучения через мобильный и фиксированный доступ.

Перечисленные достоинства технологии CDMA стали основными аргументами при выборе технологии и оборудования для Илийского района Алматинской области.

Как видно на рисунке.1.3 проектируемая сеть представляет собой систему, состоящую из трех базовых станций, находящихся в районном центре Отеген Батыр , с.Караой и с.Казцик, которые будут обслуживать недоступных абонентов всего района.

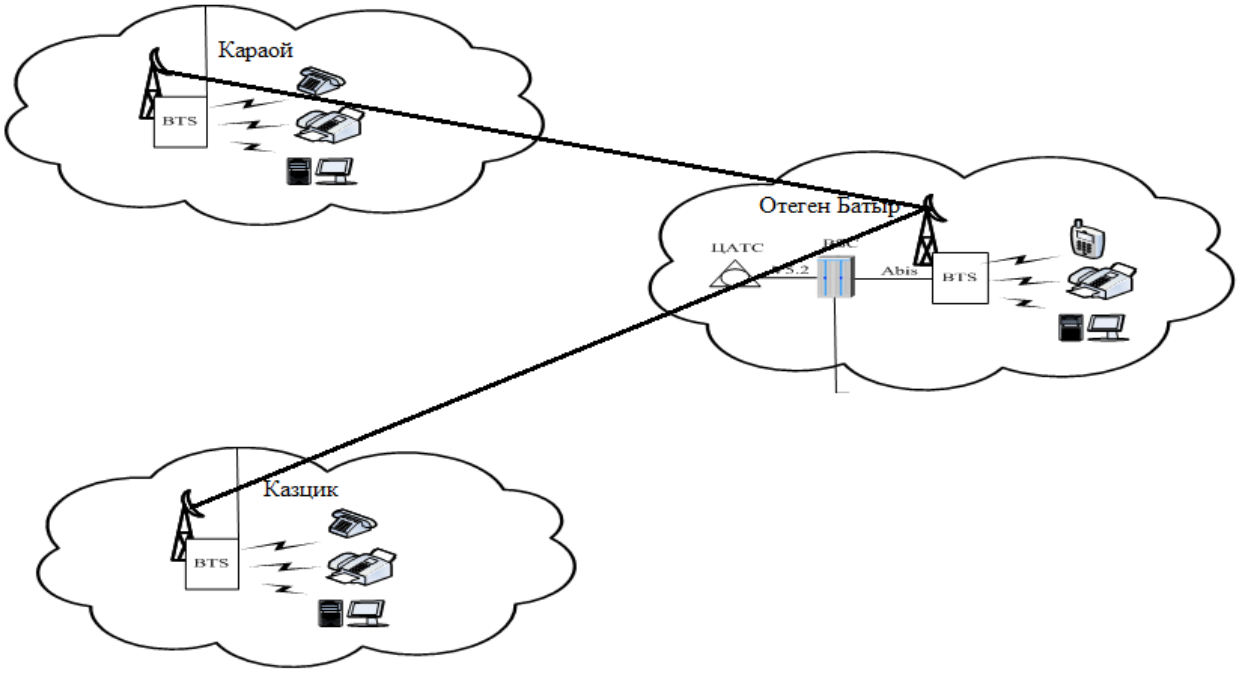


Рисунок 1.3 – Структурная схема организации связи Илийского района

Реализация данного проекта позволит добиться ряда преимуществ, вследствие того, что базовая станция CDMA и приемопередатчик базовой станции позволит телефонизировать весь Илийский район, при этом предоставляя не только стандартные, но и дополнительные виды услуг. Сельское население будет иметь возможность пользоваться как универсальными услугами связи, так и услугами Интернет, телемедицины и телеобучения через мобильный и фиксированный доступ.

1.3 Характеристики и преимущества стандарта IMT-MC 450 перед другими цифровыми стандартами

Илийский район – административная единица на юге Алматинской области Казахстана. Административный центр Илийского района - посёлок Отеген-Батыр.Площадь Илийского района составляет 7800 км². А численность населения составляет 154 124человек. А число населения Отеген-Батыр составляет 22100 человек. Район расположен в центральной части Алматинской области и граничит на северо-востоке с Балхашским

районом, на западе с Карасайским и Жамбылским районами, на юго-востоке – землями города Алма-Аты, на востоке сТалгарским районом.
Около 80 % территории района расположено в пустынной и пустынно-степной зонах: пески Сартаукум и Плато Караой. По территории района протекают реки Или, Каскелен, проложен Большой Алматинский канал, на севере к территории района примыкает Капчагайское водохранилище.

В Алматинской области с 2007 года введено в эксплуатацию 53 базовых станций стандарта CDMA-450 предоставляющих услуги 56 тысячам пользователям с охватом 75% сельских населенных пунктов области и 3 базовых станций CDMA-800 в городе Талдыкорган с охватом 3000 абонентов. На сегодняшний день базовые станции CDMA-800 охватывают до 6000 абонентов. Покрытия радиосигналом составляет 65% территории области.

Интенсивно внедряются самые современные телекоммуникации технологий, в 40 сельских населенных пунктах имеется возможностью предоставления услуг цифрового телевидения для жителей как многоквартирного, так и частного сектора.

50 000 абонентам Алматинской области обеспечена безотказная установка телефонов. Это стало возможным благодаря проекту по развитию и модернизации сети телекоммуникаций Алматинской области посредством технологии WLLCDMA 450 и WLLCDMA 800 . Телефонизация сельских населенных пунктов проводится в соответствии с поручением Главы государства, в рамках Государственной программы "30 корпоративных лидеров" и прорывного проекта АО "Казахтелеком" "Модернизация и развитие сетей телекоммуникаций сельской связи с использованием технологии CDMA".

"Стандарт CDMA (Code Division Multiple Access) является цифровым, использует полосу частот в диапазоне 450 МГц и 800 МГц. Зона покрытия базовой станции CDMA – 450 в сельской местности составляет 25-35 км, CDMA – 800 в городской местности 10 км. Станция CDMA- 450 в состоянии обслуживать до 900 абонентов, станция CDMA-800 – до 2000 абонентов". Самый активный период телефонизации региона пришелся на 2008 год, в течение которого Алматинская областная дирекция телекоммуникаций установила 39 базовых станций, охвативших сельские населенные пункты 16 районов области. "В 2009 году было произведено расширение сети и установлено 11 базовых станций WLL CDMA 450 в Алакольском, Жамбылском, Илийском, Карасайском, Панфиловском, Талгарском районах и 3 базовых станций WLL CDMA 800 в Талгарском, Карасайском и Капчагайском районах". В целом в рамках проекта модернизации и развития сельских сетей телекоммуникаций посредством беспроводного радиодоступа.

В дальнейшем, с целью удовлетворения существующего спроса населения на услуги телекоммуникаций, повышения качества связи и снижения эксплуатационных расходов предполагается расширить существующую емкость сети беспроводного радиодоступа WLL CDMA и установить 21 новую базовую станцию. Оборудование беспроводной связи

CDMA рекомендовано международной организацией по стандартизации связи, как наиболее перспективное для построения сетей третьего поколения.

CDMA (Code Division Multiple Access) - технология цифровой связи с кодовым разделением каналов. Изначально технология CDMA была разработана и использовалась для вооруженных сил США. Затем компания Qualcomm на ее основе создала первый стандарт CDMA - cdmaOne. Свое развитие технология CDMA получила в стандарте cdma2000.

Процесс связи в CDMA происходит следующим образом: информация кодируется и передается в виде шумоподобного сигнала, принять который, т.е. выделить его из общей массы сигналов, можно только располагая кодом. Кодовое разделение каналов при множественном доступе защищает информацию от перехватов, помех и подслушивания.

Аббревиатура IMT-MC обозначает группу технологий International Mobile Telecom-Communications-Multi-Carrier, входящих в семейство стандартов сотовой связи третьего поколения (3G). Эти технологии разрабатывались рядом американских компаний для усовершенствования существующих цифровых систем сотовой связи с кодовым разделением каналов по стандарту IS-95 (другое название – CdmaOne) с целью довести их параметры до требований 3G. Для чего стремились существенно повысить скорости передачи данных и сохранить совместимость по используемым частотам с системами CdmaOne, работающими в диапазоне 800 МГц.

В системах CdmaOne для передачи сигналов используются радиоканалы с шириной полосы частот в 1.25 МГц, а повышение скорости передачи первоначально планировалось получить за счет расширения полосы частот путем параллельного использования нескольких (до трех и более) радиоканалов. Отсюда в названии технологии и появилось словосочетание “Multi-Carrier” – многочастотная.

Кроме того скорости передачи могут быть достигнуты и в пределах одиночной полосы частот при использовании другой системы кодирования и модуляции сигналов. Стандарт, описывающий это решение, получил длинное название CDMA2000 1x RTT, где элемент “1x” указывал на использование всего одного типового радиоканала шириной 1.25 МГц. При сохранении совместимости с cdmaOne новая технология обеспечила повышение скорости передачи данных до 153 кбит/с.

Изначально CDMA2000 (IMT-MC) разделили на две фазы - 1X и 3X. Именно к первой фазе применяется название IS-95C. А вторую позже назвали 1X-EV (evolution), разделив ее на две фазы - CDMA2000 1X EV-DO (1x EVolution-Data Only, “Эволюция 1x для передачи только данных”, обеспечивает скорости до 2.4 Мбит/с) и cdma2000 1X EV-DV (1x EVolutio-Data and Voice, “Эволюция 1x – данные и речь”, способна обеспечить скорости передачи до 5 Мбит/с). И именно стандарт CDMA2000 1X EV-DO подразумевается под 3G IMT-MC. Стандарт 1x-EV-DO был принят TIA в октябре 2000 года и предусматривает следующую схему функционирования: аппарат одновременно производит поиск сети 1x и 1xEV, передачу данных осуществляет с помощью 1xEV, голоса - с помощью 1x. Стандарт 1xEV-DV полностью соответствует всем требованиям 3G

Стандарты семейства CDMA2000 не требуют организации отдельной полосы частот и в ходе их эволюционного развития от cdmaOne могут быть реализованы во всех частотных диапазонах используемых системами сотовой подвижной связи (450, 700, 800, 900, 1700, 1800, 1900, 2100 МГц). Архитектура системы IMT-MC с многочастотной несущей (MC-multi carrier) предусматривает возможность гибкого изменения конфигурации полосы частот в зависимости от возможностей оператора: от 1.25 МГц до 15 МГц.

IMT-MC 450 работает в частотном диапазоне 450 МГц (как и NMT-450), что позволяет обслуживать одновременно абонентов старого и нового стандартов. Это значит, что первое и третье поколения не будут мешать друг другу.

Стандарт IMT-MC входит в группу стандартов 3G, одобренных решением Международного Союза Электросвязи (International Telecommunication Union, ITU) в ноябре 1999 году. Большинство выбранных для IMT-2000 (Международная система мобильной связи) систем радиодоступа базируется на технологии с кодовым разделением каналов (CDMA). Стандарт CDMA-450 (IMT-MC) использует частоты диапазона 450 МГц, в котором работают сети сотовой связи аналогового стандарта NMT. Однако сети не мешают друг другу. CDMA - Цифровая система многостанционного доступа с кодовым разделением каналов на основе шумоподобных сигналов (Code Division Multiple Access).

Эволюцию от стандарта IS-95A к стандартам третьего поколения можно представить, как показано на рисунке 1.4

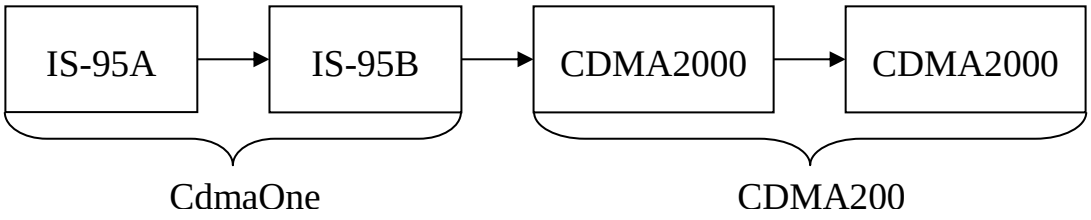


Рисунок 1.4 – Эволюция от стандарта IS-95A к стандартам третьего поколения

Следует также отметить, что стандарты семейства CDMA2000 не требуют организации отдельной полосы частот и в ходе их эволюционного развития от CdmaOne могут быть реализованы во всех частотных диапазонах используемых системами сотовой подвижной связи (450, 700, 800, 900, 1700, 1800, 1900, 2100 МГц) и могут быть наложены как на инфраструктуру сети ANSI-41 так и на GSM-MAP

В отличие от сетей GSM, принципы пакетной передачи закладывались в IS-95A с самого начала. Все абонентское оборудование этого стандарта поддерживает пакетную передачу данных, а сердцем каждой базовой стации и контроллера базовых станций является IP/ATM коммутатор. Следствием этого является простота реализации пакетной передачи данных в сетях CdmaOne – для этого необходимо лишь приобрести шлюз в IP сети называемый Inter Working Function (IWF).

В сетях IS-95A пиковая скорость передачи данных ограничена максимальной шириной полосы одного канала трафика, который может быть выделен либо под голос, либо под данные и составляет 14.4 кбит/сек. Сети стандарта IS-95B отличаются от сетей IS-95A, в основном, возможностью объединения нескольких каналов трафика для одного пользователя с целью увеличения пиковой скорости передачи данных до 64 кбит/сек.

Основными отличиями стандарта CDMA2000 1X.от IS-95A являются:

– наличие пилота в обратном канале, т. е. реализован когерентный прием в обратном канале;

– использование большего количества кодов Уолша и, соответственно, большего числа служебных каналов и каналов трафика на одном частотном канале;

– наличие быстродействующей схемы контроля мощности в прямом и обратном канале;

– организация дополнительных каналов трафика в случае необходимости передачи больших массивов данных.

Все перечисленное выше позволило увеличить пиковую скорость передачи данных до 153.6 кбит/сек и увеличить спектральную эффективность в 1.7 раза, как для голосового, так и для IP трафика. Иначе говоря, использование CDMA2000 1X позволяет обслужить на одной базовой станции в 1.7 раза больше абонентов с голосовым трафиком, чем использование IS-95A в той же полосе частот.

Несмотря на то, что применение CDMA2000 1X по различным оценкам дает также увеличение покрытия для голосового сервиса примерно на 35% с применением той же топологии базовых станций, антенн и антенно-фидерных трактов, при развертывании сети CDMA20001X все же может понадобиться установка дополнительных базовых станций или репитеров. Это обусловлено тем, что отношение сигнал/шум влияет на скорость передачи данных и для получения однородного качества услуги по всей сети может понадобится некоторое улучшение покрытия по сравнению с сетью IS-95A.

Для создания сети CDMA2000 1X необходимы элементы доступа в IP-сеть: PCF (Packet Control Function), PDSN (Packet Data Service Node), AAA (Accounting, Authentication, Authorization). Функции PCF были определены таким образом, чтобы в максимальной степени сделать подсистемы PDSN и AAA универсальными и стандартно применимыми в сетях передачи данных. Таким образом, удалось добиться того, что PDSN представляет собой стандартный маршрутизатор доступа в IP сеть, а AAA представляет собой стандартный радиус-сервер. Структура сети CDMA20001X представлена на рисунке 1.5.

Благодаря своей структуре стандарт IMT-MC-450 обладает следующими преимуществами по отношению к другим сотовым стандартам:

− большая абонентская емкость за счет большего количества используемых частотных каналов и за счет их повторного использования. Емкость IMT-MC-450 от десяти до двадцати раз выше, чем у аналоговых систем, и в три-шесть раз превышает емкость других цифровых систем. Сети, построенные на ее основе, эффективно используют радиочастотный ресурс, благодаря возможности многократного использования одних тех же частот в сети:

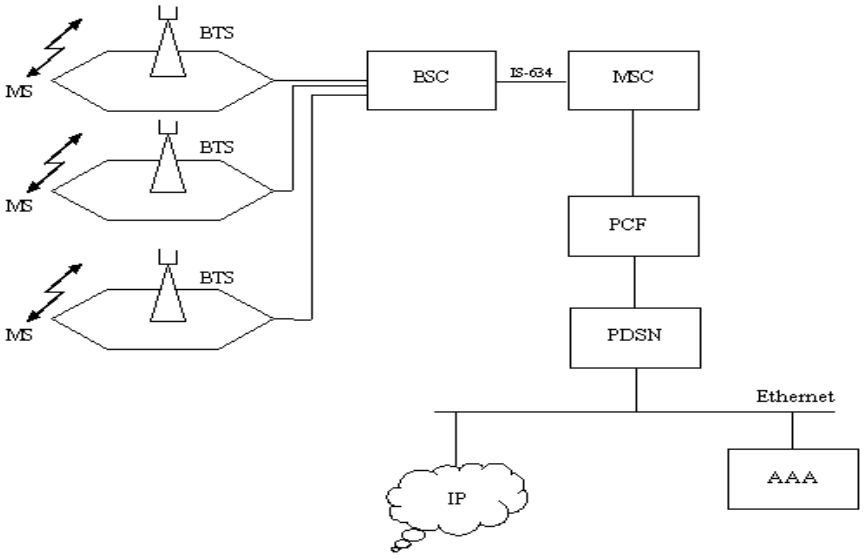


Рисунок 1.5 – Структура сети CDMA2000 1X

− самое высокое из существующих в настоящее время в сотовых стандартах, "цифровое" качество передачи речи;

− высокая скорость передачи данных;

− высокая помехоустойчивость (технология создавалась как военная система связи, с высокой степенью защиты от специально создаваемых сверхмощных помех);

− способность взаимодействовать с другими радиосистемами, в том числе с низкоорбитальными спутниковыми системами связи, обратная совместимость с аналоговыми сетями, что позволяет использовать двухмодовое пользовательское оборудование IMT-MC-450/AMPS, дающее

возможность свободного перемещения из зоны действия одного стандарта в зону действия другого;

− высокая надежность связи в движении за счет "мягкой" передачи канала связи от одной базовой станции к другой ("мягкий", устойчивый "hand-off").

1.4 Борьба с помехами в CDMA

Системам на базе CDMA присуще одно важное свойство: способность эффективно бороться с помехами, особенно узкополосными. Именно благодаря этому технология CDMA долгие годы применялась преимущественно в военных системах, обычно работающих в сложной помеховой обстановке и условиях радиоподавления.

Методы борьбы с помехами принципиально отличаются от используемых при устранении многолучевых искажений. Структура мешающих многолучевых сигналов заведомо известна, и это во многом облегчает задачу; структура внешних помех не известна заранее, а следовательно, полностью их подавить практически невозможно. И хотя сегодня существует множество способов устранения отдельных видов помех, в целом задача борьбы с ними еще не решена. Кроме того, нет универсального метода, который был бы одинаково эффективен при подавлении различных помех (таблица 1.2).

В настоящее время можно выделить несколько основных способов борьбы с помехами:

− увеличение энергетического потенциала радиолинии (мощности передатчика, коэффициента усиления антенны);

− снижение уровня собственных шумов приемника;

− снижение уровня внешних помех на входе приемника за счет их компенсации;

− применение совместной обработки помехи и сигнала, основанной на определении различий между полезным сигналом и помехой;

− повышение отношения сигнал/помеха за счет использования помехозащитных методов модуляции и кодирования.

Основным показателем качества передачи информации в условиях помех, по которому сравнивают различные методы цифровой модуляции и кодирования информации, является безразмерная величина — отношение сигнал/шум, определяемое как $h^2=E_b/N_o$ (где E_b — энергия на один бит информации, а N - спектральная плотность мощности шума).

Таблица 1.2 – Методы борьбы с помехами, основанные на структурных различиях сигнала и помехи

Селекция	Характерные различия сигнала и помехи	Методы подавления помех
Частотная	Спектры смещены по частоте	Фильтрация

Пространствен-ная	Разные направления приема	Использование адаптивных антенн
По поляризации	Разная поляризация (горизонтальная или вертикальная)	Применение поляризационного фильтра
Фазовая	Разные фазо-частотные характеристики	Использование систем с фазовой автоподстройкой частоты
Временная	Разные моменты появления сигнала и помехи	Блокирование приемника на время действия мощных импульсных помех, ограничение входного сигнала по уровню (после полосового фильтра)

Как известно, пропускная способность CDMA-каналов ограничена уровнем взаимных помех активных абонентов. Это означает, что существует обратно пропорциональная зависимость между числом активных абонентов системы и отношением сигнал/шум. Чем больше абонентов работает в системе, тем меньше значение данного отношения и, соответственно, «запас» помехозащищенности. Безусловно, существует пороговое значение, ниже которого опускаться нельзя и которое определяет предельную дальность связи при заданной мощности передатчика. Скажем, для системы, построенной на базе стандарта cdmaOne, такое значение равно 6 - 7 дБ, что существенно ниже, чем в других радиосистемах (GSM - 9 дБ, DECT - 12 дБ).

Решающую роль в борьбе с помехами играет выбор структуры сигналов (они должны обладать хорошими взаимокорреляционными свойствами) и оптимального способа приема. Поэтому при планировании структуры сигналов стремятся к тому, чтобы они как можно больше отличались друг от друга, - тогда действующая в системе помеха будет в наименьшей степени влиять на полезный сигнал. Приемник же должен максимально очистить сигнал от искажений, вызванных воздействием помех.

Таким образом, если помехи имеют распределение, отличное от нормального, то элементы шумоподобного сигнала начинают искажаться по-разному - одни сильнее, а другие слабее. В этой ситуации оптимальный приемник позволит увеличить значение отношения сигнал/помеха. Теоретически доказано, что если известна структура помехи, для нее всегда можно создать такой оптимальный приемник, который обеспечит максимальную величину отношения сигнал/помеха. На практике же все несколько сложнее. Вид помехи не известен заранее, следовательно, приемник должен «уметь» эффективно бороться с любыми типами помеховых воздействий. Эффективность работы приемника в условиях помех зависит от выбора методов модуляции, кодирования и схемы приемника. Вопросы кодирования и перемежения символов являются

самостоятельными направлениями разработок, поэтому остановимся подробнее лишь на проблемах приема сигналов в условиях помех.

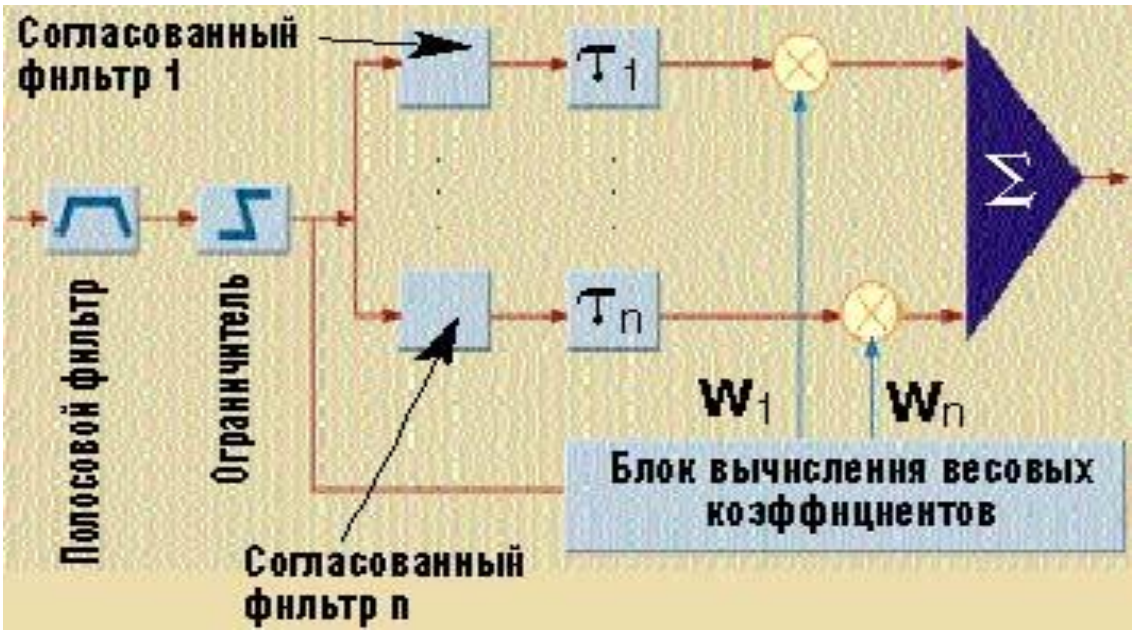


Рисунок 1.6 – Упрощенная схема многоканального адаптивного приемника (τ1 ... τn - время задержки, W1... Wn - весовые коэффициенты)

Наиболее эффективно обеспечивает подавление помех так называемый адаптивный приемник. В общем случае он состоит из L каналов (где L равно числу элементов CDMA-сигнала), каждый из которых имеет согласованный фильтр, осуществляющий оптимальный прием одного символа конкретного сигнала (Рисунок 1.6). Отсчеты принятого сигнала смещаются во времени (за счет создания задержки) таким образом, чтобы совместить их в момент окончания сигнала. Наличие схемы выбора весовых коэффициентов с учетом степени «повреждения» тех или иных элементов ШПС позволяет приемнику адаптивно подстраиваться под помеху, «максимизируя» тем самым величину сигнал/помеха.

С целью подавления импульсных помех на входе приемника используется широкополосный фильтр с полосой пропускания, не меньшей ширины спектра полезного сигнала. Следующий за ним ограничитель

предназначен для нейтрализации действия импульсных помех. Чтобы проиллюстрировать вклад, который вносят активные абоненты других сот в общий помеховый фон, обратимся к рисунку 1.7 . Здесь видно, как убывают взаимные помехи в зависимости от удаленности от какой-либо соты (при анализе подразумевалось, что все соты имеют одинаковые размеры, а абоненты равномерно размещены по территории, обслуживаемой сетью). Вклад соседних сот в общий помеховый фон обычно составляет около 36%. Столь высокий уровень обусловлен тем, что на практике имеет место частичное перекрытие диаграмм направленности антенн БС. Суммарный вклад от сот, не являющихся «соседями» данной (т.е. расположенных от нее через одну и далее), не превышает 4%. Наиболее высокий уровень взаимных помех (60%) создают абоненты, одновременно работающие в соте.

В прямом канале взаимные помехи создаются соседними базовыми станциями, а суммарная мощность этих помех пропорциональна числу БС. Считается, что благодаря синхронизации и выбору соответствующей структуры сигналов БС воздействие взаимных помех может быть сведено к нулю.

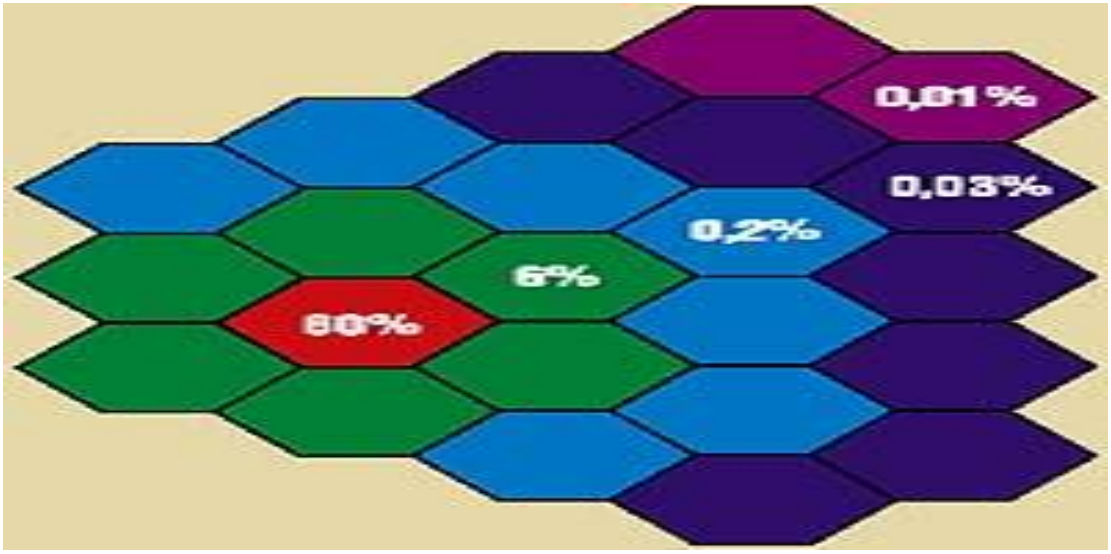


Рисунок 1.7- Помеховый фон

На отношение сигнал/шум для прямого канала влияет способ регулировки мощности передатчиков БС. При неавтоматической регулировке мощность передатчика БС не зависит от местоположения абонента мобильной станции. Наихудшая ситуация возникает, когда абонент

находится на границе трех сот, то есть когда уровни принимаемых от различных станций сигналов примерно одинаковы.

1.5 Обоснование постановки задачи проекта

Внедрение пилотного проекта осуществлялось на территории Илийского района Алматинской области.

Цель пилотного проекта – определение преимуществ и недостатки использования систем беспроводного доступа при оказании универсальных услуг связи сельскому населению. Разработка рекомендаций по использованию систем беспроводного доступа не сети сельской связи.

К преимуществам относятся:

- высокая эффективность использования частотного спектра;
- высокая помехоустойчивость системы, а значит и высокое качество передаваемых сообщений при действии помех;
- эффективное функционирование в условиях многолучевого распространения сигналов;
- не требуется частотное планирование, что значительно упрощает создание и развитие системы;
- высокая надежность и качество связи в условиях сложной городской застройки пересеченной местности как внутри зданий, так и в движении;
- обладает свойствами эластичности, что дает возможность более просто перераспределять частотные и технические ресурсы по сравнению с перераспределением частотных каналов других систем;
- возможность повышения пропускной способности системы, например, в часы наибольшей нагрузки;
- низкая излучаемая средняя мощность системы, чем обеспечивается высокая электромагнитная совместимость с другими РЭС;
- экологичность абонентского терминала за счет малой излучаемой мощности, за счет чего снижается биологическая опасность для человека;
- максимальная по сравнению с другими системами скрытность и конфиденциальность обмена сообщениями за счет использования радиосигнала с большой базой сжатия, присвоения каждому абоненту кода, имеющего индивидуальную сложную структуру.

Целесообразность применения систем абонентского доступа в сельской местности обусловлена следующими факторами:

- высокая скорость развертывания;
- простота и быстрота наращивания;
- практическое отсутствие ограничений по рельефу местности;
- эффективность в условиях низкой плоскости абонентов;
- гибкая политика инвестирования создаваемой сети;
- относительно небольшая стоимость обслуживания.

Использование современных цифровых систем радиодоступа позволит решить следующие задача развития сельской телефонной связи в Республике Казахстан:

− обеспечить предоставление услуг связи группе абонентов, для которых проводные средства связи не являются доступными;

− оперативно организовать временно обслуживание группы абонентов при самых различных ситуациях (плановые сельско - хозяйственные работы, реконструкции действующих сельских сетей связи);

− создавать при необходимости увеличения надежности связи сети, дополняющую существующие проводные средства сельской местности.

Основными компонентами коммерческого успеха системы IMT-MC-450 будут: более широкая зона обслуживания, высокое качество речи (практически эквивалентное проводным системам), гибкость и дешевизна внедрения новых услуг. Данная технология обеспечивает высокую помехозащищенность, устойчивость канала связи от перехвата и прослушивания, что делает его привлекательным в использовании для всех категорий абонентов.

Уникальные технологические решения, которые уже изменили мир мобильных коммуникаций, новые горизонты и возможности сотовой связи, передовые информационные услуги – все это теперь стало доступным и жителям Республики Казахстан.

Ведя по телефону конфиденциальные переговоры, или осуществляя передачу данных, Вам бы хотелось максимально обезопасить их от доступа и прослушивания со стороны третьих лиц.

Возможности, предоставляемые пользователю:

− меньшее число прерванных разговоров. IMT-MC увеличивает пропускную способность системы, виртуально устраняя сигналы о занятой линии, параллельные и прерванные разговоры, являющиеся результатами переполнения системы. Используя запатентованный метод передачи звонков между ячейками, называемый "soft handoff", IMT-MC-450 значительно сократил вероятность срывов звонков или прерываний ров во время работы в режиме громкоговорящей связи;

− безопасность и секретность информации. Кроме устранения параллельных разговоров и посторонних шумов, широкого спектра передачи сообщений, закодированных в цифровом виде, технология IMT-MC защищает от прослушивания;

− дополнительные услуги. Использование канала с цифровым управлением позволяет пользователям получать доступ к широкому диапазону новых услуг, включая идентификацию позвонившего абонента, передачу оперативных сообщений и передачу данных.

В Илийском районе в некоторых населенных пунктах не очень активно действуют операторы сотовой связи GSM K*Cell, K*Mobile и Tele-2. Проводит разведку с целью охвата города системой сотовой связи стандарта CDMA и компания Dalacom.

Целю данного дипломного проекта, является разработка сотовой связи стандарта IMT-NC – 450, в Илийском районе Алматинской области.

В дипломной работе необходимо рассмотреть вопросы:

− определить наилучший вариант построения сети;

- описание оборудования;
- расчет параметров сети;
- проанализировать емкость базовой станции;
- выбор оборудования;
- разработку структуры сотовой сети;
- произвести расчет зоны покрытия ЦС и БС;
- расчет надежности оборудования;
- безопасность жизнедеятельности;
- бизнес-план дипломного проекта.

2 Выбор оборудования и структура CDMA 450

2.1 Система CDMA 450МГц от Корпорации ZTE

Система подвижной связи CDMA 450МГц Корпорации ZTE состоит из контроллера базовой станции – «BSC» («Base Station Controller»), базовой приемо-передающей станции - «BTS» («Base Transceiver Station»), центра коммутации подвижной связи/гостевого регистра местоположения – «MSC/VLR» («Mobile Switching Center/Visit Location Registry»), регистра собственных абонентов/центра аутентификации – «HLR/AUC» («Home Location Registry/Authentication Center») и другого оборудования.

BSC. Контроллер базовой станции является важной составляющей подсистемы базовой станции BSS («Base Station Subsystem») в ее части, имеющей отношение к радиосвязи. Основная зона его ответственности - управление беспроводной сетью и радиоресурсом, управление техническим обслуживанием подсистемы BSS, обработка вызова, передача обслуживания с участием подвижной станции, кодирование речи и др. Контроллер базовой станции стандарта CDMA 450МГц от Корпорации ZTE построен на модульной основе и состоит из высокоскоростной подсистемы взаимодействия маршрутизаторов – «HIRS» («High speed Interconnect Router Subsystem»), подсистемы селектора/вокодера – «SVBS» («Selector/Vocoder Subsystem»), подсистемы функций управления пакетами – «PCFS» («Packet Control Function Subsystem»), подсистемы обработки

вызова – «CPS» («Call Processing Subsystem»), системы обслуживания базовой станции – «BSM» («Base Station Maintenance») и др.

BTS. Основными компонентами базовой приемо-передающей станции стандарта CDMA 450МГц от Корпорации ZTE являются (на модульной основе): цифровая подсистема основной полосы частот – «BDS» («Baseband Digital Subsystem»), подсистема радиочастот – «RFS» («Radio Frequency Subsystem»), подсистема тактового генератора «TFS» и др. Под управлением контроллера базовой станции BTS осуществляет радиопередачу и выполняет соответствующие функции управления.

MSC/VLR. Центр коммутации подвижной связи/гостевой регистр местоположения стандарта CDMA 450МГц от Корпорации ZTE состоит из модуля коммутации сообщений – «MSM» («Message Switching Module»), модуля эксплуатации и технического обслуживания - «OMM» («Operation Maintenance Module»), модуля обработки сигналов MSC/VLR – «MPM» («MSC/VLR Processing Module») и другого оборудования. Он представляет собой функциональную единицу, отвечающую главным образом за коммутацию голосового трафика и канальную сигнализацию мобильных станций в рамках зоны покрытия, и является также интерфейсом между системой подвижной связи и системой фиксированной связи, осуществляя сопряжение сетей, передачу общеканальной сигнализации и биллинга, а также управление радиоресурсами через BSS, управление передачей обслуживания между сотами и управление мобильностью.

HLR/AUC. Регистр собственных абонентов/центр аутентификации стандарта CDMA 450МГц от Корпорации ZTE состоит из четырех основных компонентов, а именно, из модуля общеканальной сигнализации – «CPM» («Common Signaling Process Module»), модуля обслуживания, модуля базы данных и модуля эксплуатации и технического обслуживания. В его конструкции используется принцип модульного построения, благодаря чему он характеризуется легкой масштабируемостью. В HLR хранятся сведения о клиентах.

Система CDMA 450МГц Корпорации ZTE применима либо с системой IS95 CDMA, либо с системой cdma2000 1x. Ориентируясь на удовлетворение требований различных операторов в городах, округах и сельской местности, она предоставляет линейку продукции стандарта cdma2000 1x. Система cdma1x от ZTE, ранее совместимая с системой IS95, может плавно мигрировать в систему 1x EV; миграция может быть также начата с системы IS95. В то же время, для реализации таких функций интеллектуальных сетей VPN, как быстрый доступ в Интернет и сокращенный набор, Корпорация ZTE предоставляет серию мобильных телефонов диапазона 450МГц; ZTE также предлагает клиентам стационарный терминал для беспроводного доступа и предоставления услуг голосовой связи и услуг «мобильного офиса».

Характеристики системы подвижной связи CDMA 450МГц Корпорации ZTE:

− возможность работать в диапазоне высоких частот: применение расширяющей частотный диапазон технологии CDMA для увеличения диапазона доступных частот и смягчения конфликтов частотных ресурсов, сохранения инвестиций и увеличения производительности;

− поддержка стандартов cdma2000 1x, включая 1x EV-DO (HDR), а также плавная миграция к 3G;

− поддержка связи третьего поколения (3G) стандарта cdma2000 1x со скоростью передачи равной 144Кбит/сек.;

− максимальная скорость системы 1x EV-DO (HDR) может составлять 2,4Мбит/сек

− предоставление высокопроизводительных услуг голосовой вязи отличного качества;

− предоставление мультимедийных услуг высокоскоростной передачи данных, в том числе приложений для передачи данных по подвижной связи, мультимедиа, мобильный Интернет и электронная коммерция по мобильной связи, и другие;

− применение уникальной технологии программного коммутатора для уменьшения числа оборванных соединений и увеличения производительности системы;

− упрощенные планирование беспроводной сети и техническая конструкция, высокий коэффициент частотного разделения, легкая масштабируемость;

− более широкое покрытие. По сравнению с системами 800МГц и 1,9ГГц низкочастотный диапазон CDMA 450МГц характеризуется малыми потерями радиосигнала в свободном пространстве («free space loss»), эффективной проникающей способностью и большой дальностью действия. При одинаковом покрытии, для системы CDMA 450МГц необходимо меньше базовых станций и инвестиций;

− широкий диапазон рабочей частоты. Диапазон рабочей частоты соответствует международным стандартам для системы CDMA 450МГц NMT-450 «A»-диапазона, а именно 453-457.475МГц (восходящий канал) и 463-467.475 МГц (нисходящий канал). По требованию операторов, возможно использование следующих частот (Таблица 2.1):

Таблица 2.1 – Международные стандарты диапазонов частот

«B»-диапазон:	452-456.475 МГц (восходящий канал)/462-466.675 МГц (нисходящий канал);
«C»-диапазон:	450-454.8 МГц (восходящий канал)/460-464.8 МГц (нисходящий канал);
«D»-диапазон:	411.675-415.85 МГц (восходящий канал)/421.675-425.85 МГц (нисходящий канал);
«E»-диапазон:	415.5-419.975 МГц (восходящий канал)/425.5-429.975 МГц (нисходящий канал);

«F»-диапазон:	479-483.48 МГц (восходящий канал)/489-493.48 МГц (нисходящий канал);
«G»-диапазон:	455.23-459.99 МГц (восходящий канал)/465.23-469.99 МГц (нисходящий канал);
«H»-диапазон:	451.31-455.73 МГц (восходящий канал)/461.31-465.73 МГц (нисходящий канал).

Согласно текущим требованиям рынка Корпорация ZTE разработала два сетевых решения, основанных на системе подвижной связи CDMA 450МГц, а именно, решение для сотовой сети связи и решение для беспроводного доступа по WLL. Представлено сетевое решение cdma2000 1x 450МГц от Корпорации ZTE.

Система подвижной связи CDMA 450МГц от Корпорации ZTE полностью соответствует международным стандартам. Она использует преимущества технологии CDMA для поддержки мобильных сервисов сотовой связи, роуминга, мягкого и жесткого перехода от ячейки к ячейке, гибкого биллинга и управления сетью, большой клиентской емкости, а также основных и дополнительных сервисов, передачи коротких сообщений и голосовой почты, центра обслуживания клиентов, беспроводной услуги определения местоположения, беспроводной передачи данных, услуг беспроводного Интернета, и другие. Вся система cdma2000 1x может легко и плавно мигрировать к сети «all-IP» (полностью IP-сеть).

2.2 Общая структура подсистемы базовой станции

В данном дипломном проекте будет использовано оборудование китайской корпорации ZTE: это мобильная сотовая система ZXC10.

Скорость частоты расширения подсистемы базовой станции мобильной сотовой связи CDMA ZXC10-BSS достигает 1×1.2288 Мбит/с. Одна несущая занимает полосу частот 1.25 МГц, поддерживает передачу высокоскоростных данных 153.6 кбит/с.

ZXC10-BSS является центральным компонентом (подсистема базовой станции) в системе мобильной цифровой сотовой связи CDMA 450, разработанной на основе стандартов IS-2000, IOS4.0 и соответственных стандартов. Между подсистемой базовой станции и подвижной станцией (MS) предлагается интефрейс UM, а с центром коммутации подвижной связи (MSC) используется интерфейс A. Подсистема базовой станции выполняет функцию обмена радио информацией с подвижной станцией и поддерживает услуги высокоскоростных пакетных данных максимальной скоростью 153.6 кбит/с (Рисунок 2.1).

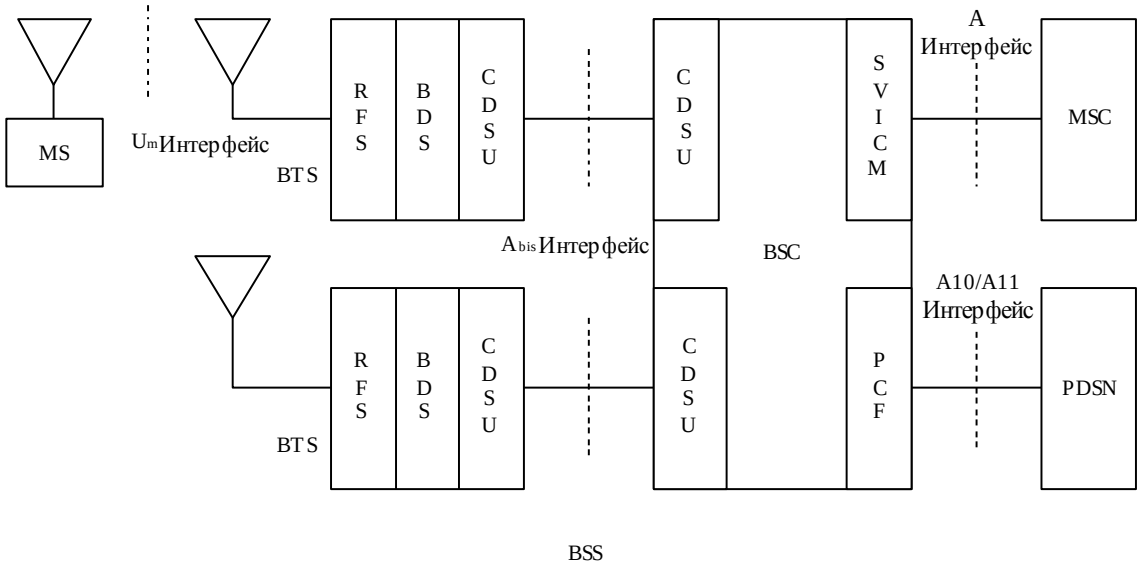


Рисунок 2.1 – Схема структуры подсистемы базовой станции ZXC10-BSS

Подсистема базовой станции ZXC10-BSS состоит из двух частей: контроллер базовой станции BSC и приёмопередатчик базовой станции BTS.

Контроллер базовой станции является частью управления подсистемы базовой станции. Он включает высокоскоростную подсистему маршрутизации HIRS, подсистему искателя/вокодера SVPS, подсистему пакетного управления функцией PCFS, подсистему обработки вызовов CPS, подсистему администрации базовой станции BSM и подсистему тактовой синхронизации TS. BSC соединяется с BTS с помощью CDSU, соединяет MSC через SVICM, соединяет PDSN через PCF. Эксплуатация и техобслуживание системы BSS осуществляются на стороне BSC. BSC отвечает за управление беспроводными сетями, управление радио ресурсами, управление обслуживанием BSS,обработку вызовов, управление выполнением переключения подвижных станций, осуществление речевых кодирований и поддержку услуг высокоскоростных пакетных данных с максимальной скоростью 153.6 кбит/с.

Приёмопередатчик базовой станции BTS беспроводная часть подсистемы базовой станции, включая цифровую подсистему в полосе первичной группы BDS, подсистему радиочастоты RFS и подсистему тактовой синхронизации TFS. При управлении контроллера базовой станции BTS выполняет беспроводную передачу и соответствующие функции управления. В подсистеме BDS модули через внутренние S_HIRS

соединяются с BTS подключаться к местному центру обслуживания для эксплуатации и техобслуживания.

На сторонах BSC и BTS установлено программное обеспечение подсистемы базовой станции ZXC10-BSS, состоящее из нескольких плат аппаратного обеспечения. В программное обеспечение системы входят следующие несколько подсистем: подсистема операционной системы OSS (Operating System Subsystem), подсистема обработки услуг SPS (Service Processing Subsystem), подсистема эксплуатации и техобслуживания OMS (Operation and Maintenance Subsystem) и подсистема базы данных. DBS (DatabaseSubsystem). Модули в этих подсистемах координируют друг друга и вместе совершают разнообразные функции системы.

2.3 Технические характеристики системы

Подсистема базовой станции ZXC10-BSS имеет следующие основные технические свойства:

− используя сетевую структуру пакетной коммутации, предлагает 192 полнодуплексных порта, скорость каждого порта достигает 9.72 Мбит/с;

− имея функции управления радио ресурсами и мониторинга базовой станции, выполняет управление эксплуатацией и техобслуживанием системы BSS и тестирование базовой станции;

− поддерживая организацию звездообразной, линейной и кольцевой сетей BTS, предлагает функцию гирляндного соединения BTS;

− поддерживает алгоритмы 8KQCELP, 13KQCELP и EVRC, используют высокую способность ослабления фоного шума;

− поддерживает вызов начала MS и MSC или вызов данных, начинающихся с PDSN: поддержка услуг данных канала (Асинхронные данные, факс G3), поддержка услуг высокоскоростных пакетных данных с максимальной скоростью 153,6 кбит/с;

− максимальное число E1 соединений с MSC до 240;

− поддерживает максимум 7200 искателей /вокодеров.

− максимальная возможность обработки трафика достигает 5040 Эрл

− максимальное подключение BTS (базовых станций) – 380 станций;

− пакетные данные поддерживают максимум 40000 PPP;

− плата канала поддерживает общее использование блоков каналов всех секторов одинаковой несущей частоты;

− поддерживать управление мощностью в прямом и обратном направлении;

− поддерживает макросоты, микросоты, пикосоты;

− поддерживает несколько видов мягких переключений: внутреннее мягкое переключение BTS, внутреннее мягкое переключение BSC, мягкое переключение между BSC и BTS;

− удовлетворяет потребности расширения и сокращения района

− поддерживать функцию управление усилением излучаемой связи TPTL;

− радио интерфейс соответствует требованиям EIA/TIA IS-2000 Release 0 и TSB74;

− поддерживает Band Class 0 (сотовый частотный диапазон 800МГц), Band Class 1 (частотный диапазон PCS 1900 МГц) и конфигурацию частоты Band Class 5 (частотный диапазон 450М).

Полное английское название SVBS - Selector Vocoder Bank Subsystem (подсистема искателя/вокодера). Подсистема SVBS, находящаяся в BSC системы BSS, является центром в системе CDMA для обеспечения совершения речевых услуг, данных услуг на основе коммутации канала и поддержки MTP1, MTP2 сигнализации SS7. Её основные функции включают:

− функция выбора маршрутизации: выбрать один самый качественный маршрут услуг из многих маршрутов мягкого переключения для преобразования кода;

− функция преобразования кода: Выполнение преобразования между кодом PCM 64K и кодом скорости преобразования QCELP;

− функция подавления эхосигналов прямого направления: подавление эхосигналов данных цепи PCM прямого направления;

− определение и исполнение мягкого переключения;

− управление мощностью;

− функция обработки сигнализации;

− все BTS в BSC вместе с подсистемой SVBS, как минимальная физическая единица в области ресурсов общего пользования искателя/вокодера, пользуются ресурсами каналов.

2.4 Описание плат системы сотовой связи

Модуль управления сетью (NCM)

NCM является основным модулем полки HIRS. Более того, его система центрального процессора (CPU) взаимодействует с другими системными платами как относительно независимый блок через порт 422, соединяемый с портом модуля сетевых интерфейсов (NIM), для реализации мониторинга системы в целом. От функционирования этого модуля напрямую зависит работа HIRS и всей системы. Поэтому принята схема конфигурации с активным/резервным модулями. В этой схеме устойчивость функционирования обеспечивается также средствами поиска и устранения неисправностей, самовосстановления и другими мерами. Кроме того, на всех этапах процесса от выбора компонентов до разводки печатных плат учитывалось множество факторов, включая конструктивное обеспечение горячего режима замены плат и выполнение требований к электромагнитной совместимости.

Модуль сетевых интерфейсов (NIM)

В качестве модуля сетевых интерфейсов NIM выполняет функции интерфейса для оборудования каждого порта при доступе к HIRS в BSS CDMA. Согласно принятым на текущий момент требованиям к общей

конструкции, каждая полка HIRS в BSC содержит 18 плат NIM, 16 из которых являются рабочими платами, а две используются в качестве резерва, обеспечивая резервирование по схеме N+1. Переключение с активной платы на резервную осуществляется по гирляндной (последовательной) схеме. Каждая плата NIM содержит восемь двунаправленных портов 422 для поддержки скоростей передачи данных до 8 Мбит/с. В то же время, через порт 422 платы NIM выводятся в разностном режиме требуемые для различных устройств тактовые сигналы, например, сигналы четных секунд и сигналы для микросхем.

Модуль обработки вызовов (CPM)

Модуль обработки вызовов (CPM) предназначен для управления вызовами в BSC системы CDMA. Являясь центром обработки управляющих данных и сигнальной информации в системе BSS, данный модуль обрабатывает в основном сигнальную информацию интерфейса Abis в масштабе всей BSS CDMA, управляет радио ресурсами и осуществляет их распределение, управляет ресурсами линий наземной связи и выполняет обработку для подсистем MTP3 и SCCP системы сигнализации ОКС № 7. Ввиду значимости платы для системы в целом, для платы предусмотрен горячий резерв (по схеме 1+1).

Модуль управления интерфейса селекторов и вокодеров (SVICM)

SVICM является основным управляющим элементом SVBS. SVBS взаимодействует с другими частями BSS через SVICM. Вместе с тем, SVICM является также физическим соединительным каналом между BSS и MSC.

Модуль селекторов и вокодеров (SVM)

SVM является основой SVBS. Каждый SVM содержит 15 вокодеров. В основном этот модуль предназначен для взаимного преобразования ИКМ-кодов 64 кбит/с и кодов QCELP. Он играет центральную роль при обработке речевой информации в BSC. Модуль поддерживает канал речевой связи в режиме мягкого хэндовера посредством функции выбора данных обратного канала обслуживания, передаваемых в многоканальном режиме, а также участвует в управлении уровнем мощности обратного канала по внешней петле путем ведения статистики FER обратного канала и корректировки порогов отношения сигнал/шум для обратного канала. Аппаратные средства строятся по модульному принципу с реализацией подробно исследованных и проработанных новейших технологий. Это обеспечивает возможность модификации и развития продукции. Он позволяет на всех этапах создания плат, начиная с выбора компонентов и заканчивая компоновкой печатной платы, учитывать многообразные факторы, включая конструктивное обеспечение горячего режима замены плат и выполнение требований к электромагнитной совместимости, с целью обеспечения надежности на уровне плат.

2.5 Центр мобильной коммутации

VLR – это регистр местоположения MSC, предназначенный для поиска информации, хранения и обновления абонентских данных терминала MS,

перемещающегося в зону обслуживания этого VLR. Этот VLR может располагаться в MSC или может быть установлен отдельно. Если эти объекты объединены друг с другом, то B-интерфейс выполняет функции внутреннего интерфейса.

MSC представляет собой функциональный объект, предназначенный для управления и коммутации в терминале MS, находящемся в зоне его обслуживания, и обеспечения автоматического проключения абонентского трафика между сетью CDMA и другими коммутируемыми сетями общего пользования или другими MSC.

Технические характеристики:

- количество соединительных линий одиночного модуля: 13 200;
- количество соединительных линий в многомодульном режиме: 79 200;
- максимальное число звеньев сигнализации: 512;
- максимальное число групп звеньев сигнализации: 256;
- производительность обработки сигнализации: свыше 30 000 MSU/c

Услуги:

- услуги связи: телефон, экстренная связь и факс;
- услуги переноса информации: услуги полно скоростной асинхронной передачи данных включая передачу данных на скоростях 9,6 Кбит/с, 4,8 Кбит/с, 2,4 Кбит/с, 1,2 Кбит/с, 600 бит/с и 300 бит/с;
- дополнительные услуги: переадресация вызовов типа call forwarding, вызов на ожидании, переадресация вызовов типа call transfer, идентификация вызывающего абонента, конференц-связь, услуга «не беспокоить», доступ по PIN-коду абонента, перехват PIN-кода абонента, выборочный прием вызовов, прием вызовов по паролю и т.д.;
- услуга передачи коротких сообщений и расширенные услуги;
- услуги интеллектуальной сети: интеллектуальная услуга учета стоимости с предоплатой, VPN-услуга и услуга бесплатного вызова (free phone).

Входящие в состав системы модули выполняют следующие основные функции:

- OMM (Модуль эксплуатации и технического обслуживания): этот модуль выполняет функции эксплуатации, технического обслуживания и управления включая учет стоимости, сопровождение данных, модификацию версии программного обеспечения и так далее, а также обеспечивает взаимодействие с OMC и биллинговым центром.
- CSM (Центральный коммутационный модуль): этот модуль состоит из модуля коммутационного поля (SNM) и модуля коммутации сообщений (MSM) и обеспечивает установление соединений между модулями и внутреннего канала передачи сообщений между периферийными модулями, периферийными модулями и OMM. Коммутационная емкость модуля составляет 64K×64K, и поддерживается работа максимум 32 (порядка двух Мбит/с) каналов (TS) коммутации сообщений между MSM и каждым периферийным модулем.

Архитектура системы ZXC10-MSC/VLR показана на рисунке 2.2.

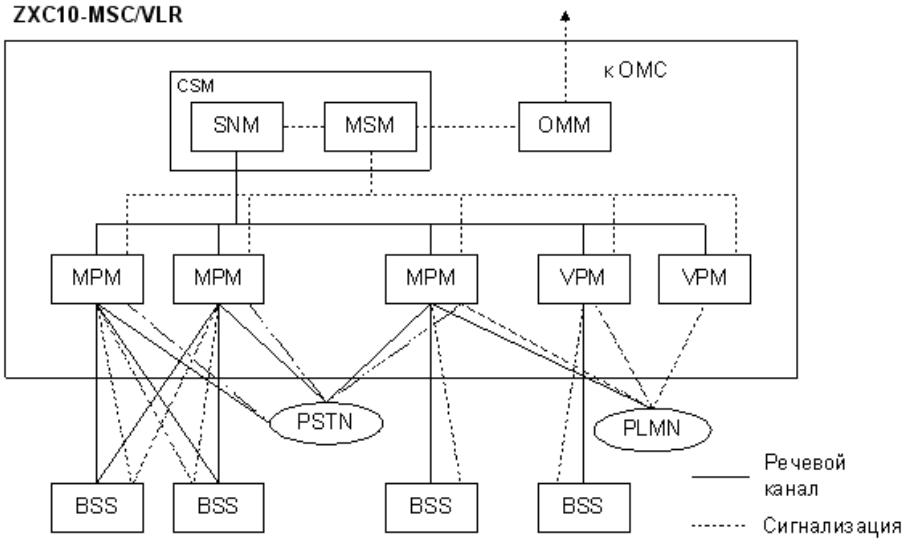


Рисунок 2.2 Архитектура системы ZXC10-MSC/VLR

MPM (Процессорный модуль MSC): выполняет функции MSC. Этот модуль обеспечивает установление речевой соединительной линии и работу сигнального интерфейса с BS, PSTN и PLMN. Между MPM и VPM используется внутренний интерфейс передачи.

VPM (Процессорный модуль VLR): выполняет функции VLR, обеспечивает сохранение и управление информацией о мобильных абонентах, перемещающихся в зону его обслуживания, обеспечивает взаимодействие с MPM посредством обмена внутренними сообщениями, реализуемого через MSM. VPM взаимодействует с другими сетевыми объектами, такими как HLR, посредством системы сигнализации SS7. В VPM имеется собственная функция обработки SS7, реализуемая модулем MPM.

В системе ZXC10-MSC/VLR используется модульная архитектура. Ее коммутационная подсистема состоит из MPM, VPM и других базовых процессорных модулей, которые связаны между собой посредством SNM и MSM и образуют два сетевых уровня: уровень коммутации (на рисунке 2.20 показан точечной линией) и уровень сигнализации (на рисунке 2.20 показан пунктирной линией). В зависимости от требующейся емкости системы может использоваться один или несколько MPM, которые подключаются по внешним линиям к соответствующему числу BSC.

Взаимодействие между HLR, VPM, OMM и MPM осуществляется не за счет коммутации речевых каналов, а за счет обмена сообщениями и сигналами. Обмен сообщениями реализуется на основе унифицированной платформы управления сигнализацией и взаимодействия, что позволяет легко разделять или объединять указанные выше модули. Для объединения модулей связь между MPM, VPM и локальным HLR осуществляется не посредством SS7, а с использованием унифицированного внутреннего механизма коммутации сообщений, реализуемого системой поддержки эксплуатации. Емкость MSC/VLR может быть увеличена путем простого добавления модулей.

ZXC10 MSC/VLR/SSP 1X - это CDMA-центр коммутации подвижной связи/регистр местоположения посетителя. Он в основном выполняет функции MSC и VLR базовой сети CDMA. Может также интегрировать функции GMSC, SSP, TMSC2 и LSTP, и характеризуется модульным строением, настраиваемыми рабочими характеристиками, надежностью системы и стандартными интерфейсами сигнализации.

MSC - это функциональный объект, который производит контроль и переключение мобильных абонентов в области его обслуживания; это устройство автоматического переключения для трафика между MSC или между MSC сети CDMA и коммутаторами других общественных сетей.

MSC выполняет типовую функцию сигнализации и биллинга, и обеспечивает интерфейсы сети. Он управляет сигнальной системой, беспроводным ресурсом и сигнализацией по А-интерфейсу между BSS и MSC. Он также настраивает маршрут вызова для мобильных абонентов, если интегрирована функция GMSC.

VLR - это база данных, отвечающая за хранение и обновление информации о мобильных абонентах, которые работают в режиме роуминга в районе обслуживания этого VLR. Информация содержит номер пользователя, характеристика, идентификация местоположения и параметры сервиса.

ZXC10 SSP в основном выполняет в DFP функции SSF, CCF и встроенной SRF. Он предоставляет услугу, контролирует вызов и управляет ресурсами. На базе операционного кода, кода ресурса, точки определения (DP) в SCP-сообщении ZXC10-SSP выполняет управление процедурой вызова и развертывание ресурса, возвращает результат выполнения и определенный статус в SCP для определения дальнейшего направления сервиса.

TMSC включает TMSC1 и TMSC2:

− Как последовательно соединенный MSC первого уровня, TMSC1 в основном отвечает за последовательное соединение и передачу сервисов соединенного тандема MSC второго уровня (TMSC2) в локальных сетях или сервисах между конечными пунктами;

− TMSC2 - это тандем MSC второго уровня, ответственный за последовательное соединение и передачу сервисов между конечными

пунктами соединенных локальных сетей. Он может быть установлен независимо, или включен в устройства MSC или GMSC. ZXC10-MSC/VLR/SSP интегрирован с функциями TMSC2.

STP состоит из HSTP и LSTP:

− HSTP - это STP первого уровня, который передает сигнальные сообщения соединенных с ним LSTP или SP;

− LSTP - это STP второго уровня, который передает сигнальные сообщения соединенного с ним SP третьего уровня. LSTP может быть установлен независимо или вместе с SP. ZXC10-MSC/VLR/SSP включает LSTP функции.

Технические характеристики:

− емкость системы MSC: 600 000

− максимальное количество абонентов: 600000 (64K x 64K)

− способность обработки вызовов для одного модуля: 500 тыс. вызовов в час наибольшей нагрузки

− максимальная способность обработки звонков: 5000000 вызовов в час наибольшей нагрузки

− максимальный трафик: 21000 эрланг

− максимальное количество каналов сигнализации No.7: 640 каналов

− емкость системы VLR: 800 000.

3 Основная расчетная часть

3.1 Расчет зоны покрытия базовой станции сотовой связи

Исходные данные для расчетов:

Средняя рабочая частота $F_{ср}$ = 465 МГц

Номинальная мощность передатчика ЦС $P_н$=45 Вт

Высота приемной антенны h_2=1,3 м

Требуемая напряженность поля сигнала в точке приема АС E_c=43 дБ

Рельеф местности изменяется от Δh_1=12 м до Δh_2=45 м

Карта города и расстояние: равнобедренный треугольник с длиной ребра 6 км.

Затухание в фильтрах и антенных разделителях $B_ф$=9 дБ

3.2 Расчет радиуса зоны 1 при связи ЦС и подвижной АС

Поскольку высота передающей антенны h_1 не задана, будем задаваться различными высотами антенн, чтобы определить радиус обслуживания с тем, чтобы выбрать подходящий вариант размещения ЦС с учетом местных условий.

Задаемся высотами антенн ЦС:

h_1=15, 20, 25, 30, 40 м.

Определяем дополнительное затухание фидера, связанное с увеличением его длины сверх 50 м на ЦС для всех высот антенн ЦС

$$\Delta B_ф=\alpha(l_ф-15),\ дБ \qquad (3.1)$$

где lф – длина фидера, м; α - погонное затухание, дБ/м

Из предложенных кабелей выбираем кабель РКД-2-8/83, так он подходит нам по рабочей частоте и имеет наименьшее погонное затухание. У данного кабеля на частоте f=1500 МГц погонное затухание α=0,06 дБ/м.

Определяем погонное затухание α’ для частоты f’=450 МГц по формуле

$$\alpha' = \alpha\sqrt{\frac{f'}{f}} = 0{,}06\sqrt{\frac{450}{1500}} = 0{,}0328\ дБ/м$$

Определяем затухание фидера по формуле (3.1) и результаты сводим в таблицу 3.1. При расчете принимаем, что оборудование ЦС остается у основания опоры, а длина антенного фидера $l_ф$ увеличивается с ростом h_1, увеличивая общее затухание фидера.

Таблица 3.1 – Затухание фидера

Высота подвеса передающей антенны, h1, м	Затухание фидера, α·lф, дБ	Дополнительное затухание фидера при lф>15 м, дБ
15	0,45	0,0
20	0,6	0,15
25	0,75	0,3
30	0,9	0,45
40	1,2	0,75

Рассчитываем поправку, которая учитывает отличие номинальной мощности передатчика от мощности 1 кВт, по формуле

$$B_{р.н.} = 10 \lg (1000/Рн) \quad (3.2)$$

$B_{р.н.} = 10 \lg (1000/45) = 13{,}47$ дБ

Рассчитываем поправку, которая учитывает высоту приемной антенны, отличную от 1,5 м, по формуле

$$B_{h2} = 10 \lg (1{,}5/h_2) \quad (3.3)$$

$B_{h2} = 10 \lg (1{,}5/1{,}3) = 0{,}62$ дБ

Определяем поправку, учитывающую рельеф местности по соответствующим графикам

$B_{рел1} = -7{,}5$ дБ при $\Delta h_1 = 12$ м

$B_{рел2} = -1{,}5$ дБ при $\Delta h_2 = 45$ м

Определим напряженность поля для случаев Δh_1 и Δh_2, реально создаваемое передающей станцией ЦС в пункте приема АС по основной расчетной формуле ($D_у = 0$ дБ)

$$E = E_c + B_{р.н.} + B_ф + B_{h2} + B_{рел} + (\alpha \cdot l_ф) - D_у \quad (3.4)$$

$E = 43 + 13{,}47 + 0{,}62 + B_ф + B_{рел} + (0{,}03 \cdot l_ф) - 0$

$E = 49{,}59 + B_ф + 0{,}03 \cdot l_ф$ при $\Delta h_1 = 12$ м

$E = 55{,}59 + B_ф + 0{,}03 \cdot l_ф$ при $\Delta h_2 = 45$ м

Расчет производим для всех высот передающей антенны ЦС. Результаты вычислений сводим в таблицу 3.2

Таблица 3.2 – Расчет высот антенн

Высота подвеса передающей антенны, h_1, м	Затухание фидера, $\alpha \cdot$lл, дБ	Дополнительное затухание фидера при $l_ф$>15 м, дБ	E при Δh_1=12 м, дБ	E при Δh_2=45 м, дБ
15	0.45	0.0	50,04	56,04
20	0.6	0.15	50,34	56,34
25	0.75	0.3	50,64	56,64

30	0.9	0.45	50,94	56,94
40	1.2	0.75	51,54	57,54

По рисунку 3.1определяем ожидаемую дальность связи для рассчитанных напряженностей поля при различных высотах передающей антенны ЦС. Результаты сводим в таблицу 3.3.

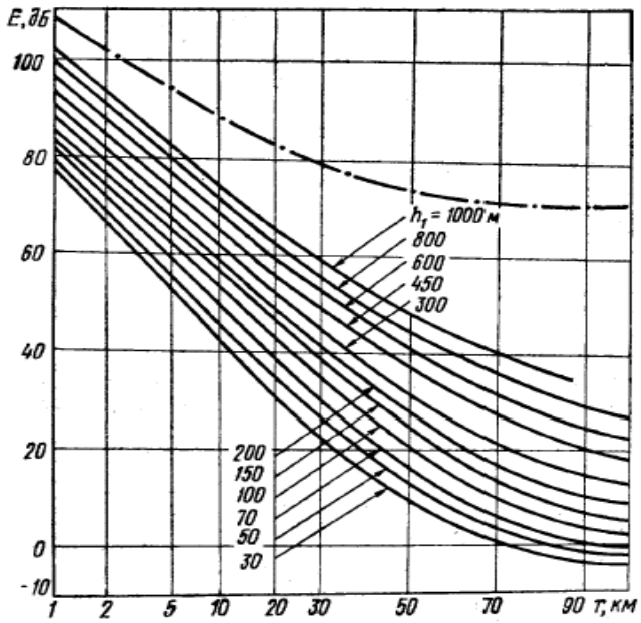


Рисунок 3.1 – Кривые для определения дальности связи.

Таблица 3.3 – Дальность связи для разных высот

Высота подвеса передающей антенны, h_1, м	Затухание фидера, $\alpha \cdot l_ф$, дБ	Дополнительное затухание фидера при $l_ф$>50 м, дБ	Δh_1=12 м		Δh_2=45 м	
1	2	3	4		5	
			E, дБ	r, км	E, дБ	r,км
15	0,45	0,0	50,04	5,5	56,04	4,6
20	0,6	0,75	50,34	5,4	56,34	4,5
25	0,75	1,05	50,64	5,4	56,64	4,5
30	0,9	1,35	50,94	5,6	56,94	4,2
40	1,2	1,95	51,54	5,3	57,54	4,3

Определив дальность связи, выбираем высоту антенны h_1, для которой в лучшем случае Δh_1 (12 м) и при худшем случае Δh_2 (45 м) получаем оптимальную дальность связи, когда расстояние между ЦС и АС стремиться к максимальному, а затраты на кабельное оборудование незначительны.

Этим условиям удовлетворяет высота антенны h_1=30 м. В том случае дальность связи составляет 5,6 км при Δh_1=12 м и 4,2 км при Δh_2=45 м.

Следовательно, радиус зоны 1 составляет 4,2 км.

3.3 Расчет радиуса зоны 2 при связи ЦС и подвижной АС

Расчет радиуса зоны 2 ведем учитывая, что напряженность поля Ec1 в пункте приема на 9 дБ меньше, чем в зоне 1

$$Ec2=Ec1-9 \qquad (3.5)$$

Данные заносим в таблицу 3.4.

Таблица 3.4 - Расчет радиуса зоны

Высота подвеса передающей антенны, h_1, м	E, дБ			
	Δh_1=12 м		Δh_2=45 м	
	Зона 1	Зона 2	Зона 1	Зона 2
15	50,04	41,04	56,04	47,04
20	50,34	41,34	56,34	47,34
25	50,64	41,64	56,64	47,64

Продолжение таблицы 3.4

Высота подвеса передающей антенны, h_1, м	E, дБ			
	Δh_1=12 м		Δh_2=45 м	
	Зона 1	Зона 2	Зона 1	Зона 2
30	50,94	41,94	56,94	47,94
40	51,54	42,54	57,54	48,54

По графику определяем ожидаемую дальность связи для рассчитанных напряженностей поля при различных высотах передающей антенны ЦС. Затем определим ширину зоны 2 как разность между дальностью связи в зоне 2 и зоне 1. Результаты сводим в таблицу 3.5.

Таблица 3.5 – Ожидаемая дальность связи

Высота подвеса передающей антенны, h_1, м	Зона 1				Зона 2				Δr, км	
	Δh_1=12 м		Δh_2=45 м		Δh_1=12 м		Δh_2=45 м			
	E, дБ	r, км	E, дБ	r, км	E, дБ	r, км	E, дБ	r, км	Δh_1= 12 м	Δh_2= 45 м
15	50,04	5,5	56,04	4,6	41,04	7,8	47,04	6,7	2,3	2,1
20	50,34	5,4	56,34	4,5	41,34	8,0	47,34	6,8	2,6	2,3
25	50,64	5,4	56,64	4,5	41,64	8,0	47,64	6,7	2,6	2,2
30	50,94	5,6	56,94	4,2	41,94	8,2	47,94	7,0	2,6	2,8
40	51,54	5,3	57,54	4,3	42,54	8,1	48,54	7,1	2,8	2,8

3.4 Расчет радиуса зоны 1 при связи ЦС с БС или стационарной АС

При расчете учитываем следующие особенности:

а) В случае использования в качестве антенны стационарной АС четвертьволнового штыря с круговой ДН в горизонтальной плоскости помехи воспринимаются со всех сторон, поэтому значение требуемого сигнала для зоны 1 и 2 (E_{c1} и E_{c2}) берем такие же, как и в техническом задании.

б) В случае использования в качестве антенны стационарной АС семиэлементной антенны типа «волновой канал» принимаем E_c с учетом поправки:

$$E_{свк}=E_{сш}+\Delta B_{\Theta} \quad (3.6)$$

$$\Delta B_{\Theta}=10\lg(\Theta_E/360) \quad (3.7)$$

где ΔB_{Θ} – уменьшение восприимчивости к помехам по сравнению с четвертьволновым штырем;

Θ_E – раскрыв ДН семиэлементной антенны типа «волновой канал» в электрической плоскости поляризации.

Для этого типа антенны Θ_E=55°, тогда

ΔB_{Θ} = 10lg(55°/360°) = -8,16 дБ

Таким образом, $E_{свк}$ семиэлементной антенны типа «волновой канал» на 8,16 дБ меньше, чем у четвертьволнового штыря.

Определяем напряженность поля сигнала двух типов антенн:

а) Четвертьволновой штырь

$$E=E_c+B_{р.н.}+B_ф+B_{h2}+B_{рел}+(\alpha\cdot l_ф)-D_y; \quad (3.8)$$

$$E= 43+13,47+0,62+ B_ф +B_{рел}+(0,03\cdot l_ф)-3$$

$$E= 46,59+ B_ф +0,03\cdot l_ф \text{ при } \Delta h_1=12 \text{ м}$$

$$E= 52,59+ B_ф +0,03\cdot l_ф \text{ при } \Delta h_2=45 \text{ м}$$

б) Семиэлементная антенна типа «волновой канал»

При Δh_1=12 м $E_{свк}=E_c+B_{р.н.}+B_ф+B_{h2}+B_{рел}+(\alpha\cdot l_ф)-D_y$; (3.9)

$$E_{свк} =43+13,47+0,62+ B_ф -7,5+(0,03\cdot l_ф)-3-8,16$$

$$E= 38,43+ B_ф +0,03\cdot l_ф$$

При Δh_2=45 м $E_{свк} = E_с+B_{р.н.}+B_ф+B_{h2}+B_{рел}+(\alpha \cdot l_ф)-D_у$; (3.10)

$E_{свк} = 43+13,47+0,62+ B_ф -1,5+(0,03 \cdot l_ф)-3-8,16$

$E= 44,43+ B_ф +0,03 \cdot l_ф$

Таблица 3.6 – Дальность связи для разных высот (Четвертьволновой штырь)

Высота подвеса передающей антенны, h_1, м	Затухание фидера, $\alpha \cdot l_ф$, дБ	Дополнительное затухание фидера при $l_ф$>15 м, дБ	Δh_1=12 м		Δh_2=45 м	
			E, дБ	r, км	E, дБ	r, км
15	0,45	0,0	47,04	7,1	53,04	5,3
20	0,6	0,75	47,34	6,9	53,34	5,3
25	0,75	1,05	47,64	6,9	53,64	5,4
30	0,9	1,35	47,94	7,0	53,94	5,7
40	1,2	1,95	48,54	7,3	54,54	5,3

Таблица 3.7 – Дальность связи для разных высот (Семиэлементная антенна типа «волновой канал»)

Высота подвеса передающей антенны, h_1, м	Затухание фидера, $\alpha \cdot l_ф$, дБ	Дополнительное затухание фидера при $l_ф$>50 м, дБ	Δh_1=12 м		Δh_2=45 м	
			E, дБ	r, км	E, дБ	r, км
15	0,45	0,0	38,88	10,9	44,88	8,1
20	0,6	0,75	39,18	11,0	45,18	8,0
25	0,75	1,05	39,48	10,9	45,48	8,0
30	0,9	1,35	39,78	11,4	45,78	7,8
40	1,2	1,95	40,38	11,6	46,38	7,8

По графику определяем ожидаемую дальность связи . Результаты сводим в таблицу.3.8.

Таблица 3.8 – Дальность для разных типов антенн

Δh	Четвертьволновой штырь		«Волновой канал»	
	$E_{сш}$, дБ	r, км	$E_{свк}$, дБ	r, км
12 м	47,94	7,0	39,78	11,0
45 м	53,94	5,7	45,78	7,8

3.5 Расчет радиуса зоны 2 при связи ЦС с БС или стационарной АС

Расчет радиуса зоны 2 ведем учитывая, что напряженность поля Ес1 в пункте приема на 9 дБ меньше, чем в зоне 1:

$$Ec2=Ec1-9 \quad (3.11)$$

Таблица 3.9 – Дальность связи для разных типов антенн

Δh	«Четвертьволновой штырь»					«Волновой канал»				
	Зона 1		Зона 2		Δr, км	Зона 1		Зона 2		Δr, км
	$E_{сш}$, дБ	r, км	$E_{сш}$, дБ	r, км		$E_{свк}$, дБ	r, км	$E_{свк}$, дБ	r, км	
12 м	47,94	7,0	38,94	12,5	5,5	39,78	11,0	30,78	18,2	7,2
45 м	53,94	5,7	44,94	9,3	3,6	45,78	7,8	36,78	15,1	7,3

В данной работе были рассчитаны напряженности поля для различных высот антенн и разных условий приема мобильной АС, с учетом всех основных параметров. Далее по кривым определения дальности связи были определены расстояния (радиусы) зон 1 и 2 для различных высот антенн БС. Оказалось, что высота антенны 30м - наиболее оптимальный вариант, т.к. обеспечивает приемлемую дальность связи, при наименьших затратах на кабель и установку мачты.

3.6 Расчет надежности оборудования сети сотовой связи стандарта CDMA 450

Расчет надежности оборудования производится по «методу локализации». Задача надежности системы решается следующим образом: предъявляются требования к наработке по времени оборудования базовых станций BTS. Для базовых станций стандарта CDMA 1X такая наработка составляет 10 000 часов.

Четыре фактора влияют на надежность всей системы в целом, значение данных факторов измеряется в баллах:

− сложность (значение сложности принимается от 1(минимальное) до 10(максимальное));

− технический уровень (значение технического уровня принимается от 10(минимальное) до 1(максимальное));

− важность (значение важности принимается от 10(минимальное) до 1(максимальное));

− окружающая среда (значение окружающей среды принимается от 1(лучшее) до 10(худшее)).

Коэффициента надежности одной стойки BTS

$$W_j = \prod_{i=1}^{4} a_i \quad (3.12)$$

Коэффициент надежности стойки BTS в системе

$$C_j = \frac{W_j}{\sum_{j=1}^{n} W_j} \qquad (3.13)$$

Коэффициент отказа стойки BTS

$$\lambda_j = \lambda_s \times c_j\,, \qquad (3.14)$$

где

$$\lambda_j = \frac{\lambda_s \times W_j}{\sum_{j=1}^{4} W_j} \qquad (3.15)$$

Следовательно коэффициент отказа всей системы равен

$$\lambda_s = \sum_{j=1}^{n} \lambda_j \qquad (3.16)$$

Следовательно, значение базовой надежности для стойки BTS в полной конфигурации

$$\lambda s = \lambda 0 \cdot K1 \cdot K2 \cdot K3 \cdot K4 \cdot K5 \cdot N \qquad (3.17)$$

где λs – коэффициент отказа всей системы

λ0 – среднее значение коэффициента отказа электронных компонентов принимаемый от 10^{-5} - 10^{-7} 1/час

K1 – коэффициент, учитывающий отклонение от нормы электронных компонентов, принимаемый 10^{-1} - 10^{-2}

K2 – коэффициент учитывающий износ оборудования, принимается 0.25

K3 – коэффициент учитывающий фактор окружающей среды, принимается 3.5

K4 – коэффициент учитывающий фактор механической структуры BTS, принимается 1.5

K5 – коэффициент учитывающий фактор сборки оборудования, принимается равный 2.

N – число компонентов в BTS принимается от 2100(максимальная загрузка) до 1900(минимальная загрузка)

При подстановке всех значений в формулу 4.6 получаем

Коэффициент отказа при максимальной загрузке составит:

λmax = 0.0000279 (1/час)

Коэффициент отказа при минимальной загрузке составит:

λmin = 0.0000245 (1/час)

Следовательно наработка на отказ составит:

36281 часов при максимальной загрузке

40410 часов при минимальной загрузке

Вывод: значение наработки на отказ полностью удовлетворяет представленные требования к разработчикам сети стандарта CDMA 450.

3.7 Расчет мощности при прямом соединении

3.7.1 Эффективная мощность излучения трафик канала

$$p_t = \frac{P_t}{N_t C_f} \tag{3.18}$$

или

$$p_t = P_t - 10\log N_t - 10\log C_f \text{, дБм} \tag{3.19}$$

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.

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

3.7.2 Мощность приходящиеся на одного абонента (мобильную станцию)

$$p_u = p_t - G_t - L_c \text{, дБм} \tag{3.20}$$

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 дБм.

3.7.3 Полная мощность базовой станции

$$Pc = 10\log\left[10^{0.1Pt} + 10^{0.1Ps} + 10^{0.1Pp} + 10^{0.1Ppg}\right], \tag{3.21}$$

где p_s – мощность канала синхронизации; p_p - мощность пилот канала; p_{pg} – мощность канала оповещения

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

3.7.4 Усиление мощности базовой станции

$$P_a = P_c - G_t - L_c \text{, дБм} \tag{3.22}$$

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

3.7.5 Полная мощность принятая мобильной станцией

$$p_m = P_c + L_p + A_l + G_m + L_m, \text{ дБм} \quad (3.23)$$

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 дБм

3.7.6 Принятая мощность трафик канала

$$p_{tr} = p_t + L_p + A_l + G_m + L_m, \text{ дБм} \quad (3.24)$$

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

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

3.7.7 Принятая мощность пилот канала

$$p_{pr} = p_p + L_p + A_l + G_m + L_m, \text{ дБм} \quad (3.25)$$

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

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

3.7.8 Принятая мощность поискового канала

$$p_{pgr} = p_{pg} + L_p + A_l + G_m + L_m, \text{ дБм} \quad (3.26)$$

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

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

3.7.9 Принятая мощность канала синхронизации

$$p_{sr} = p_s + L_p + A_l + G_m + L_m, \text{ дБм} \quad (3.27)$$

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

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

3.8 Расчет мощности при обратном соединении

3.8.1 Усилитель мощности мобильной станции

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

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).

$P_{ma} = 20 - (-3) - 0 = 23$ дБм

3.8.2 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).

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

3.8.3 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.

$I_{utr} = -120.7 + 10\log(20 - 1) + 10\log 0.6 + 10\log(1.2288 \cdot 10^6) = -171.03$ дБм/Гц

3.9 Расчет 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 выражено как

$$\frac{C}{I} = \frac{C}{(N-1)C} = \frac{1}{N-1}, \qquad (3.31)$$

где. C – уровень мощности требуемого сигнала

I – уровень мощности интерференции.

Из (4.36) можно определить

$$N = \frac{1}{C/I} + 1 \qquad (3.32)$$

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

$$\frac{C}{I} = \frac{R \cdot E_b}{W \cdot (N_0 + I_{tr})} \qquad (3.33)$$

Перемножая (4.37) и (4.38), получаем:

$$N = \frac{W/R}{\left(E_b/N_0 + I_{tr}\right)} + 1 \qquad (3.34)$$

Выражение (4.39) 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.

$$N = \frac{W/R}{\left(E_b/N_0 + I_{tr}\right)} \cdot \frac{1}{VAF} + 1 \qquad (3.35)$$

С учетом повторного использования частоты:

$$N = \frac{W/R}{\left(E_b/N_0 + I_{tr}\right)} \cdot \frac{F}{VAF} + 1 \qquad (3.36)$$

С учетом секторизации:

$$N = (\frac{W/R}{\left(E_b/N_0 + I_{tr}\right)} \cdot \frac{F}{VAF} + 1)G \qquad (3.37)$$

Формула (4.41) 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=2.55.

$$N = \left[\frac{1.25 \cdot 10^6 / 9600}{3.43} \cdot \frac{0.65}{0.35} + 1\right] \cdot 2.55 = \left(37.96 \cdot 1.86 + 1\right) \cdot 2.55 \approx 182$$

3.10 Расчет 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 величины 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]:

$$L(d_{km}) = L_1 + 10\gamma \log_{10} d_{km} \qquad (3.38)$$

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:

$$L_{\max} = L(R_{km}) = L_1 + 10\gamma \log_{10} R_{km} \qquad (3.39)$$

Решая общее выражение относительно R_{km} получаем:

$$R_{km} = 10^{\frac{L_{\max} - L_1}{10\gamma}} \qquad (3.40)$$

или

$$R_{km}(\partial Бкм) = 10\log_{10} R_{km} = \frac{L_{\max} - L_1}{\gamma} \qquad (3.41)$$

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 (3.42).

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

$$\begin{aligned} L(\partial Б) &= 69.55 + 26.16\log_{10} f_{МГц} - a(h_m) - 13.82\log_{10} h_b \\ &+ (44.9 - 6.55\log_{10} h_b)\log_{10} d_{km} - B, \end{aligned} \qquad (3.42)$$

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:

$$\begin{aligned} L(\partial Б) &= 69.55 + 26.16\log_{10} f_{МГц} - [(1.1\log_{10} f_{МГц} - 0.7)h_m - (1.56\log_{10} f_{МГц} - 0.8)] \\ &- 13.82\log_{10} h_b + (44.9 - 6.55\log_{10} h_b)\log_{10} d_{km} - [30 - 25\log_{10}(\%)] \end{aligned} \qquad (3.43)$$

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 (3.47) получим:

$$\begin{aligned} L(d_{km}) &= 48{,}08 + 35{,}22\log_{10} d_{km} + 25\log_{10}(\%) = \\ &= 73{,}08 + 35{,}22\log_{10} d_{km}, _10\% зданий \end{aligned} \qquad (3.44)$$

Таким образом, сравнивая выражения (3.44) и (3.43) находим значения для L_1 и γ,

$L_1 = 73{,}08$ дБ и $\gamma = 35.22/10 = 3.522$ (3.45)

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:

$$P_s = \frac{P`_s}{1 - M/M_{\max}} \tag{3.46}$$

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

С учетом запаса по мощности в дБм:

$$P_S(дБм) = P`_S(дБм) + M_{дБ} - 10\log_{10}(1 - M/M_{\max}) \tag{3.47}$$

где

$$\begin{aligned} P`_S(дБм) &= (E_b / N_0)_{req}(дБ) + (N_0 W)_c(дБм) - (PG)(дБ) = \\ &= (E_b / N_0)_{req}(дБ) - 129.2\ дБм \end{aligned} \tag{3.48}$$

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:

$$M_{\max}(E_b / N_0; M_{дБ}) = \frac{PG}{(E_b / N_0)_{req} \cdot F \cdot \alpha_r} \cdot \frac{1}{10^{M_{дБ}/10}} \tag{3.49}$$

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:

$$\begin{aligned} P_S(дБм) &= мощность_перед. + коэф.усиления - потери - L_{\max} \\ &= P_R(дБм)_{без_потерь} - L_{\max} \end{aligned} \tag{3.50}$$

где

$$P_R(дБм)_{без_потерь} = мощность_перед. + коэф.усил - потери$$
$$= P_m - L_m + G_m - L_p - L_b + G_c - L_c \quad (3.51)$$

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

$$L_{\max} = P_R(дБм)_{без_потерь} - P_S(дБм) \quad (3.52)$$

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

$$P_R(дБм)_{без_потерь} = 23 - 0 + 2.1 - 3 - 10 + 14.1 - 2 = 24.2\,дБм \quad (3.53)$$

Т а б л и ц а 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	2,1dBi
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	14.1dBi
Потеря в кабеле базовой станции	L_c	2 дБ

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

$$L_{\max}(дБ) = P_m(дБм) + G_c(дБ) + G_m(дБ) - SNR_{req}(дБ)$$
$$-(N_0W)_c(дБм) + 10\log_{10}(1 - X) \quad (3.54)$$

Если добавить в (3.54) детализированные потери из (3.53) с учетом запаса по мощности используемого в (3.49), тогда (3.54) можно выразить как

$$L_{\max}(дБ) = P_R(дБм)_{без_потерь} - P_S(дБм)$$
$$= P_R(дБм)_{без_потерь} - P`_S(дБм) + M_{дБ} - 10\log_{10}(1 - M/M_{\max}) \quad (3.55)$$

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

$$R_{km}(дБкм) = 10\log_{10} R_{km} = \frac{L_{\max} - L_1}{\gamma}$$
$$= \frac{P_R(дБкм)_{без_потерь} - L_1 - P`_S(dBm) - M_{dB} + 10\log_{10}(1 - M/M_{\max})}{\gamma} \quad (3.56)$$

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

Найдем числовое выражения для радиуса соты, основываясь на выражении (3.56), 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: $P_R(дБм)_{без_потерь} = 24.2\ дБм$, (см. (3.55)) [1], из (3.36), требуемая мощность принимаемого сигнала с учетом интерференции и без запаса по мощности равна:

$$P`_S(дБм) = (E_b / N_0)_{req}(дБ) - 129.2\ дБм$$

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 (3.56) мы получаем выражение с параметрами $E_b / N_0,\ M_{dB},\ M,\ M_{\max}$:

$$R_{km}(дБкм) = \frac{1}{3.522}\left[24.2 - 73.08 - \left(\frac{E_b}{N_0}(дБ) - 129.2\right) - M_{дБ} + 10\log_{10}\left(1 - \frac{M}{M_{\max}}\right)\right]$$
$$= \frac{1}{3.522}\left[80{,}32 - \frac{E_b}{N_0}(дБ) - M_{дБ} + 10\log_{10}\left(1 - \frac{M}{M_{\max}}\right)\right] \quad (3.57)$$

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:

$$R_{km} = 10^{R_{km}(dBm)/10} = 10^{80.32/35.22}\left(1-\frac{M}{M_{\max}}\right)^{10/35.22}\left[\frac{E_b}{N_0}\cdot 10^{M_{дБ}/10}\right]^{-1/3.522}$$
$$= 190{,}775\left(1-\frac{M}{M_{\max}}\right)^{0.284}\left[\frac{E_b}{N_0}\cdot 10^{M_{дБ}/10}\right]^{-0.284} \qquad (3.58)$$

Значения $M_{дБ}$ 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}	$M_{дБ}$
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.

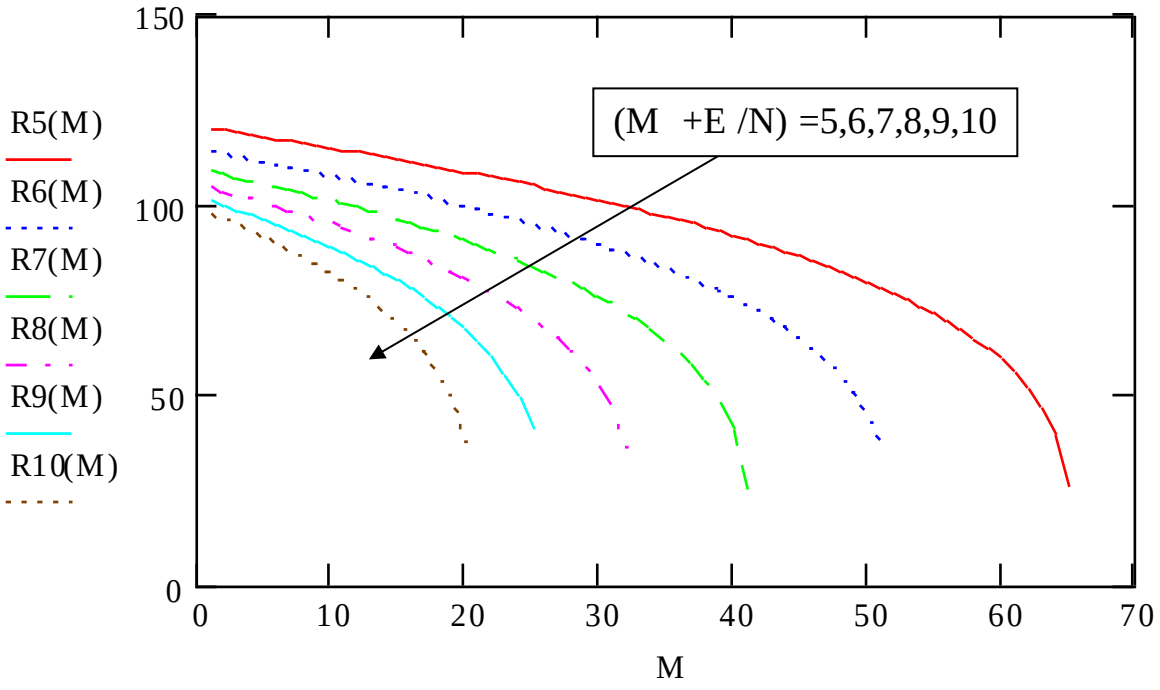


Рисунок 3.2 – График зависимости радиуса соты от загрузки соты

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.

5 Безопасность жизнедеятельности

Настоящий раздел написан с учетом «Закона РК о безопасности и охране труда» от 28 февраля 2004 г №528-II ЗРК, « Законе о труде в РК от 10.12.1999г. №493-I, «Закона о пожарной безопасности » от 22.11.96г., « Закона о промышленной безопасности на опасных производственных объектах » от 03.04.02г. №314-II ЗРК.

В данном дипломном проекте рассматривается требования в соответствии СанПиН №1.01.004.01. « Гигиенические требования к организации и условиям работы с видеодисплейными терминалами и персональными электронно-вычислительными машинами » (утверждены приказом Министерства здравоохранения РК от 17 декабря 2001 гада) и « Санитарно-эпидемиологические требования к эксплуатации персональных компьютеров, видеотерминалов и условия работы с ними » (утверждены приказом и.о. Министерства здравоохранения РК от 18 Августа 2004 года №631).

5.1 Анализ условий труда

В тесной связи с технологией производства находится трудовой процесс, требующий определённого нервно-психологического напряжения отдельных органов систем, положение тела при работе и т.д. К санитарно-гигиеническим условиям труда относятся: воздействие на организм человека метеорологического фактора (температуры, влажности, скорости движения воздуха, барометрического давления); загрязнения воздуха парами, газами, пылью; воздействие шума, вибрации, электромагнитных излучений, ионизирующей радиации и так далее. В данном дипломном проекте на человека воздействуют следующие факторы: возможность поражения электрическим током, а следовательно необходимость зануления имеющегося оборудования, искусственное освещение, естественное освещение, пожаробезопастность помещений в которых происходит трудовой процесс.

Таблица 5.1 Структура и параметры окружающей среды

Размеры статива	1800мм x 800мм x 650мм (H x W x D)

Электропитание	-480V DC (-400 ~ -600V DC) or +240V DC (+210V ~ +290V)
Параметры окружающей среды	Температура: -5°C ~ 50°C Относительная влажность: 5% ~ 90%
Требования к шуму	≤ 70dBA (С интеллектуальным контролем вентиляторal.Шум зависти от температуры окружающей среды)

Базовая станция cBTS3612 в основном состоит из подсистемы управления, подсистемы радиочастот, антенно-фидерной подсистемы и подсистемы снабжением питанием, как показано на рисунке 5.1.

Рисунок 5.1 – Статив базовой станции cBTS3612 с лицевой стороны

Ни в одной области техники и в жизни нельзя обеспечить полной безопасности для людей. Поэтому задачу обеспечения безопасности в зоне устройств защитного отключения следует понимать в смысле уменьшения вероятности возникновения условий, при которых человек подвергается опасности травмирования электрическим током. Основными причинами поражения людей электрическим током являются аварии на электроустановках, а также нарушения правил и норм при проектировании, монтаже, обслуживании и работе на электроустановках. В зданиях BSC и

BTS находится стойки питания, обеспечивающие питанием оборудование, аккумуляторы. При работе в этих помещениях нужно обеспечить защиту человека от поражения электрическим током или уменьшить опасность до минимума.

В случае пробоя между токоведущими частями электрооборудования и защитным металлическим корпусом возникает опасность поражения людей, работающих на этом оборудовании, электрическим током. Уменьшить напряжение корпуса, находящегося в контакте с токоведущими частями, устройством заземления в сети с глухозаземленной нейтралью, возможно. Можно обеспечить безопасность, уменьшив длительность режима замыкания на корпус. Для этого прокладывается нулевой провод, соединяющийся с глухозаземленной нейтралью источника и повторными заземлениями, к которому и присоединяют металлические корпуса электрооборудования. То есть, другими словами, зануление это есть преднамеренное электрическое соединение с нулевым проводником металлических нетокопроводящих частей, которые могут оказаться под напряжением.

Условия естественного освещения на промышленных предприятиях, оказывают большое влияние на зрительную работоспособность, физическое и моральное состояние людей, и следовательно, на производительность труда и производственный травматизм. Освещение в помещениях BSC и BTS должно быть комбинированным (естественным и искусственным), чтобы обеспечить комфортную работу человеку с персональным компьютером, оборудованием. При проектировании освещения рабочего места оператора необходимо учесть такие характеристики как яркость и контраст фона.

Степень яркости зависит от индивидуальных черт и потребностей оператора. Принимается, что правильная степень освещенности находится в пределах 300-1000 люкс.

Для создания благоприятных условий труда производственное освещение должно отвечать следующим требованиям:

- освещенность на рабочем место должна соответствовать гигиеническим нормам;
- яркость на рабочей поверхности и в пределах окружающего пространства должна распределяться по возможности равномерно;
- резкие тени на рабочей поверхности должны отсутствовать, наличие их создаст неравномерное распределение яркости;
- освещение должно обеспечивать необходимый спектральный состав света для правильной цветопередачи.

Естественное освещение должно осуществляться в виде бокового освещения. Величина коэффициента естественной освещенности (к. е. о.) при выполнении работ высокой зрительной точности должна быть не ниже 1,5%, при зрительной работе средней точности – не ниже 1,0%. Искусственное освещение следует осуществлять в виде комбинированной системы освещения с использованием люминесцентных источников света и светильников общего освещения. Светильники общего освещения следует

располагать над рабочими поверхностями в равномерно-прямоугольном порядке. В помещениях BTS и BSC должно быть предусмотрено аварийное освещение для продолжения работы и других целей. Пульсация освещенности используемых люминесцентных ламп не должна превышать 10%. В качестве таких средств можно использовать регулируемые жалюзи с вертикальными ламелями. Кроме того, рекомендуется размещение окон с одной стороны рабочих помещений. При этом каждое окно должно иметь светорассеивающие шторы с коэффициентом отражения 0,5 –0,7.

Исходя из проведенного анализа выяснили, какие отрицательные факторы влияют на работу человека и для организации безопасной, комфортной работы, выполним следующие расчеты:

- расчет системы естественного освещения;
- расчет системы искусственного освещения;
- расчет заземления;
- молния защита

Таблица 5.2 – Коэффициент естественного освещения

Характеристика и разряд зрительной работы	Наименьший линейный размер значений	Естественное освещение		Совмещенное осщение	
		Верхнее	Боковое	Верхнее	Боковое
Высокой точности III	0.3 – 0.5	5	2	3	1.2

5.2 Разработка системы естественного освещения

На станциях данного проекта необходимо учесть работу обслуживающего их персонала (сотрудники технического обслуживания). Одним из немаловажных факторов, которые следует учесть, является освещенность машинной комнаты станции (в особенности базовой станции, в которой находится контроллер всей системы). На центральном сайте сети, находящемся в Илийском районе, имеется аппаратная комната, освещенность которой должна быть высокого качества достаточного для работы операторов, управляющих работой всей подсистемы сети.

Для нормальной работы оператора необходимо создать следующие условия: достаточное рабочее пространство для работающего человека, позволяющее осуществлять все необходимые движения и перемещения при эксплуатации и техническом обслуживании оборудования; достаточные физические, зрительные и слуховые связи между

работающим человеком и оборудованием, а также между людьми в процессе выполнения общей трудовой задачи; оптимальное размещение рабочих мест в производственных помещениях, а также безопасные и достаточные проходы для работающих людей; необходимое естественное и искусственное освещение для выполнения трудовых задач, технического обслуживания; допустимый уровень акустического шума и вибрации, создаваемых оборудованием рабочего места или другими источниками шума и вибрации.

На рабочем месте оператор использует:

- средства отображения информации (дисплей);
- средства ввода информации (клавиатура, различные манипуляторы);
- средства связи и передачи информации (телефонный аппарат, модем);
- средства документирования и хранения информации (принтеры, дисковые накопители);
- вспомогательное оборудование.

Естественное освещение создается солнечным светом через световые проемы. Оно зависит от многих объективных факторов, как-то: времени года и дня, погоды, географического положения и т.п. Основной характеристикой естественного освещения служит коэффициент естественного освещения (КЕО), то есть отношение естественной освещенности внутри здания $E_в$ к одновременно измеренной наружной освещенности горизонтальной поверхности ($E_н$). КЕО обозначается через "е".

Естественная освещенность нормируется согласно СНиП 23-05-95. Для установления необходимого нормативного значения КЕО, т.е. $e_н$ необходимо учесть размер объекта различения, т.е. разряд зрительной работы, контраст объекта различения и фона, а также характеристику фона. Помимо этого, учитывается географическая широта местоположения здания (коэффициентом светового климата m) и ориентировка помещения по сторонам горизонта (с).

Тогда $e = e_н cm$, где $e_н$ - табличное значение КЕО, определяемое на основании разряда зрительной работы и вида естественного освещения. При естественном освещении нормируется его неравномерность, то есть отношение максимальной к минимальной освещенности $\frac{e_{max}}{e_{min}}$.

Чем выше разряд зрительной работы, тем меньше допускается неравномерность освещенности. Исходные данные для расчета:

- длина помещения, м……12;
- ширина помещения, м……6;
- высота помещения, м……3;
- высота рабочей поверхности h_P, м……0,8;
- окна начинаются с высоты, м……1;
- высота окон, м……1,5;
- разряд зрительной работы III (высокой точности).

Станция находится в Илийском районе, то есть IV световой пояс. Рядом со станцией нет затеняющих зданий. На станции находятся три ряда стативов, длина каждого из стативов – 1м, длина проходов от 0,8 до 1 м., расположены стативы на расстоянии 2м от наружной стены, где проектируются оконные проемы. Таким образом, минимальная освещенность будет в точке, отстоящей на 3 м. от наружной стены.

Общую площадь окон определяем по формуле:

$$S_0 = \frac{S_n \cdot e_n \cdot \eta_0 \cdot k_{зд} \cdot k_з}{100 \cdot \tau_0 \cdot r_1} \qquad (5.1)$$

Значения всех составляющих этого расчета:

Площадь помещения

$$S_n = B \cdot L = 12 \cdot 6 = 72 м^2 \qquad (5.2)$$

где B – ширина машинного зала, L – длина машинного зала.

Значение КЕО для IV светового пояса определяется как

$$e_н^{IV} = e_н^{III} \cdot m \cdot c = 2 \cdot 0{,}9 \cdot 0{,}8 = 1{,}44 \qquad (5.3)$$

где m=0.9 и c=0.8 - коэффициент светового климата и коэффициент солнечного климата соответственно. Эти значения являются нормативными и задаются для каждого светового пояса отдельно, а значение $e_н^{III} = 2$ определяется в соответствии от разряда зрительной работы.

Значение световых характеристик окон η_0 рассчитывается следующим образом

Отношение длины к глубине (самой удаленной точки от окна) 12:3=4.

Также при определении η_0 необходимо знать отношение ширины помещения - B к h_1 – высоте от уровня рабочей поверхности до верха окна: B: h_1=6:1,8=3,333 , где h_1=0.8+1=1.8 м, т.к. окна начинаются с высоты 1 м.

Отсюда η_0=10,5

В качестве светопропускающего материала в данном проекте используются стекло оконное листовое двойное, вид несущих покрытий – железобетонные формы. Из таблицы значений коэффициентов светопропускания принимаются значения:

$\tau_1 = 0{,}8$; $\tau_2 = 0{,}6$; $\tau_3 = 0{,}8$

Отсюда $\tau_0 = \tau_1 \cdot \tau_2 \cdot \tau_3 = 0{,}8 \cdot 0{,}6 \cdot 0{,}8 = 0{,}384$.

Средний коэффициент отражения в машинном зале $\rho_{ср} = 0{,}5$, двусторонне боковое освещение.

Определяется значение r_1 – коэффициента учитывающего повышение КЕО при боковом освещении благодаря свету, отраженному от поверхностей помещения и подстилающего слоя, прилегающего к зданию. При $B:h_1=3{,}333$ и $l:B=3:6=0{,}5$; коэффициент $r_1=1{,}85$.

Коэффициент запаса равен $К_з=1.2$.

В данном проекте общая площадь окон:

$$S_0 = \frac{S_п \cdot e_п \cdot \eta_0 \cdot k_{зд} \cdot k_з}{100 \cdot \tau_0 \cdot r_1} = \frac{72 \cdot 1{,}44 \cdot 10{,}5 \cdot 1{,}2}{100 \cdot 0{,}384 \cdot 1{,}85} = 18{,}389\,м^2 \qquad (5.4)$$

Так как предусматривали двустороннее боковое освещение, то площадь световых проемов на одной стороне будет 18,389:2=9,194 $м^2$

Так как высота оконных проемов 1,5м, то следовательно, длина их составит 9,194:1,5=6.129 м.

5.3 Расчет системы искусственного освещения

Для создания благоприятных условий труда производственное освещение должно отвечать следующим требованиям:

- освещенность на рабочем месте должна соответствовать гигиеническим нормам.
- яркость на рабочей поверхности и в пределах окружающего пространства должна распределяться по возможности равномерно.
- резкие тени на рабочей поверхности должны отсутствовать.

Увеличение освещенности в помещении положительно влияет на функции зрения. При выполнении в помещении работ 3 разряда рекомендуется применение комбинированного освещения. Освещенность рабочей поверхности, создаваемая светильниками общего освещения в системе комбинированного, должна составлять 10% нормируемой для комбинированного, при этом наибольшая и наименьшая освещенность должны составлять соответственно 500 и 150 лк при газоразрядных лампах и 100 и 50 лк при лампах накаливания.

Аварийное освещение должно обеспечивать освещенность не ниже 5% от освещенности создаваемой общим освещением, но не мене 2 лк.

Исходные данные для расчета:

- длина помещения, м……12;
- ширина помещения, м……..6;
- высота помещения, м……3;
- высота рабочей поверхности h_P, м……..0,8;
- разряд зрительной работы III (высокой точности).

Для операторского зала рекомендована люминесцентная лампа ЛБ80-4 (белого цвета), мощностью 80 Вт, световым потоком 5220 лм, диаметром 40 мм и длиной со штырьками 1514,2 мм .

Определим наивыгоднейшее расстояние между светильниками:

$$Z = \lambda \times h \text{ м}, \tag{5.5}$$

где λ =1,2 ÷ 1,4;

$h = H - h_P = 3 - 0{,}8 = 2{,}2$ м.

По этим данным находим, что наивыгоднейшее расстояние между светильниками равно:

$Z = \lambda \times h = 1{,}4 \times 2{,}2 = 3{,}03$ м.

Рассчитаем число рядов светильников:

$$n = \frac{B}{Z} \tag{5.6}$$

где B – ширина помещения, B = 6 м;

Z – расстояние между светильниками, Z = 3,03 м.

Отсюда:

$$n = \frac{B}{Z} = \frac{6}{3{,}03} = 1{,}98 \text{ м.}$$

Следовательно, светильники будем располагать в два ряда.

Определим число светильников:

$$N = \frac{E \times K_з \times S \times Z}{n \times \Phi_Л \times \eta}, \tag{5.7}$$

где E – заданная минимальная освещенность светильника.

Для персонала работающего с ЭВМ E = 400 лк;

Кз – коэффициент запаса, учитывающий запыление и износ источников света в процессе эксплуатации. Кз = 1,5;

S – освещаемая площадь, S = 72 м ;

Z — коэффициент неравномерности освещения, Z = 1,4;

η - коэффициент использования;

$\Phi_Л$ – световой поток лампы, $\Phi_Л$ = 5220 лм.

n – число ламп в светильнике.

Нам неизвестен коэффициент использования, для его нахождения определим индекс помещения:

$$i = \frac{L \times B}{h \times (L + B)} = \frac{12 \times 6}{2{,}2 \times (12 + 6)} = \frac{72}{33} = 1{,}81 \qquad (5.8)$$

Так как у нас побеленный потолок, побеленные стены с окнами, то коэффициенты отражения будут следующими) :

$p_{пот}$ = 50%;

$p_{ст}$ = 30%;

$p_{пол}$ = 20%.

Следовательно, коэффициент использования η = 54% .

Таким образом:

$$N = \frac{E \times K_З \times S \times Z}{n \times Ф_Л \times \eta} = \frac{400 \times 1{,}5 \times 72 \times 1{,}4}{2 \times 5220 \times 0{,}54} = 11{,}728 \approx 12 \text{ светильников.}$$

То есть у нас 12 светильников расположенных в два ряда, в каждом ряду по 6 светильников, в каждом светильнике по две лампы.

Проверку расчета произведем точечным методом. Линейные размеры излучателей в данном случае равны 1514,2 мм и превышают высоту 0,5 м установки. В данном случае они рассматриваются как светящиеся линии.

Кривые линии изолюкс построены в координатной системе:

$$P^1 = \frac{P}{h}; \qquad (5.9)$$

$$L^1 = \frac{L}{h}; \qquad (5.10)$$

где L – общая длина светящихся линий; P = 1,5; h = 2,4; L = 9,75.

Таким образом, подставив данные в формулы, получим:

$$P^1 = \frac{P}{h} = \frac{1{,}5}{2{,}4} = 0{,}63$$

$$L^1 = \frac{L}{h} = \frac{9{,}75}{2{,}4} = 4.$$

Для обеспечения в данной точке заданной освещенности $E_Н$, необходимо иметь удельный световой поток Ф. Световой поток в каждом светильнике определяется по формуле:

$$Ф = \frac{1000 \times E_Н \times K_З}{\mu \times \sum E_У}, \qquad (5.11)$$

где μ - коэффициент, учитывающий отражение составляющих света и действие удаленных светильников и составляет 1,1 – 1,2;

$\sum E_y$ - суммарная условная освещенность в контрольной точке (выбираются точки, где $\sum E_y$ имеет наименьшее значение);

$\sum E_y$ = 40 × 2 = = 80; E_y – определяется по графику пространственных изолюкс, E_y = 40.

Таким образом, подставив данные в формулы, получим:

$$\Phi = \frac{1000 \times E_H \times K_З}{\mu \times \sum E_y} = \frac{1000 \times 400 \times 1{,}5}{1{,}2 \times 80} = 5840 \text{ лм.} \qquad (5.12)$$

Поскольку необходимый световой поток ламп каждого светильника не должен отличаться от требуемого на –10% или +20%, то можно сделать вывод, что расчет верен. Итого, для создания нормированной освещенности нам понадобится 24 лампы в 12-ти светильниках располагающихся в два ряда, в каждом ряду по 6 светильников, в каждом светильнике по две лампы.

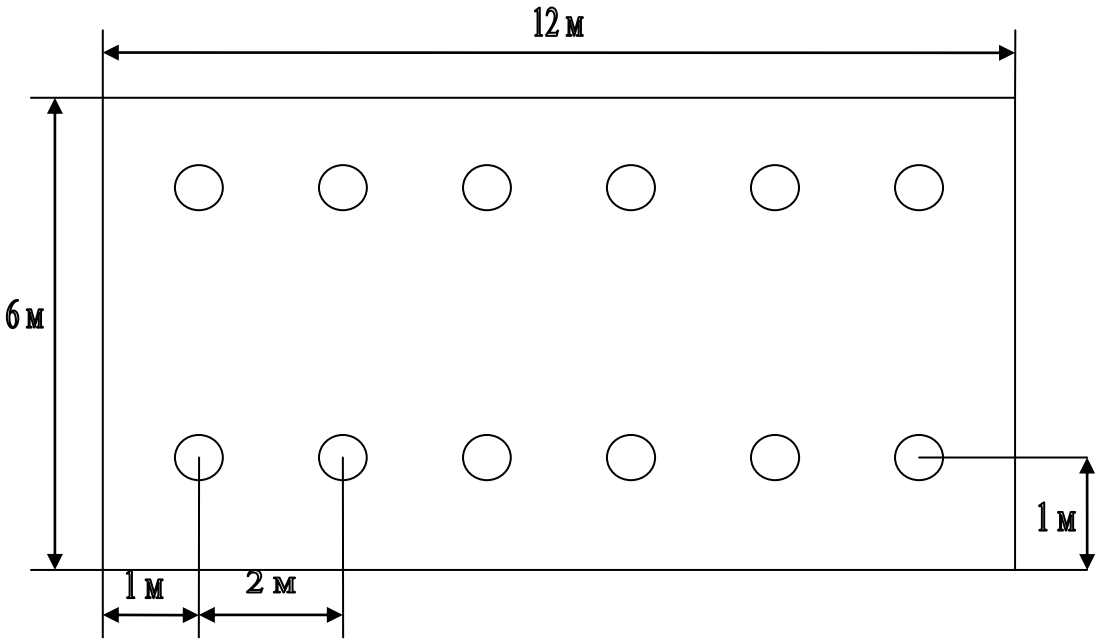
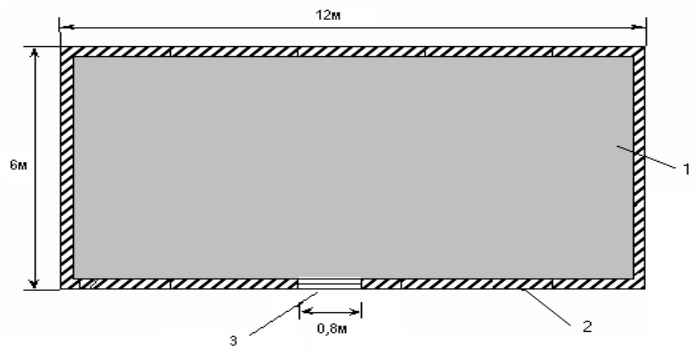


Рисунок 5.3 – Расположение светильников в помещении

5.4 Расчет защитного заземления

Тип заземления – контурный, при котором заземлители располагаются по контуру внутри помещения. Помещение имеет следующие размеры:



1 – помещение; 2 – стена; 3 – дверь.

Рисунок 5.4 План помещения

Контур состоит из вертикальных электродов – стальных труб длиной $l_в$ = 3 м, диаметром d = 50 мм, соединенных горизонтальной полосой длиной равной периметру контура:

$$I_2 = P_k = (A + B) \cdot 2. \qquad (5.14)$$

Подставляя значения в формулу (5.14) находим:

$I_2 = P_k = (12 + 6) \cdot 2 = 36 м.$

В качестве горизонтального электрода применим стальную полосу сечением *40×4 мм.* Глубина заложения электродов в землю t_0 = *0,5 м.* Удельное сопротивление грунта *P = 80 Ом·м*. В качестве неестественного заземлителя применяются железобетонная арматура сопротивлением R_C = *20* Ом.

Ток замыкания на землю $I_З$ = *70 А.*

Расчет производим по методу коэффициента использования.

Требуемое сопротивление растеканию заземлителя ПУЭ:

$$R_з = \frac{125}{I_з}, \qquad (5.15)$$

$$R_з = \frac{125}{70} = 1.78 \ Ом.$$

Требуемое сопротивление неестественного заземлителя:

$$R_{TP} = \frac{(R_E \cdot R_З)}{(R_E - R_З)}, \qquad (5.16)$$

$$R_{TP} = \frac{(20 \cdot 1{,}78)}{(20 - 1{,}78)} = 1{,}95\ Ом.$$

Число вертикальных электродов:

$$n_в = \frac{P_k}{a}. \qquad (5.17)$$

где a – расстояние между вертикальными заземлителями, применяется по условию $a/l_в = 1;2;3$, в данном случае принимаем а=1 м.

Подставляя значения в формулу (5.17), получим:

$$n_в = \frac{36}{3} = 12\ шт.$$

Определим расчетное удельное сопротивление грунта для вертикальных и горизонтальных электродов:

$$P_{расч} = k_c \cdot P. \qquad (5.18)$$

где k_C – коэффициент сезонности, учитывающий промерзание и высыхание грунта и зависящий от климатической зоны для Казахстана – $k_C=1,4$; $k_C' = 2,5$.

Подставляя значения в формулу (5.18) получим:

$$P_{расч.в} = 1.4 \cdot 80 = 112\ Ом{\cdot}м,$$

$$P_{расч.г} = 2{,}5 \cdot 80 = 200\ Ом{\cdot}м.$$

Расчетное сопротивление растеканию электродов – вертикального $R_в$:

$$P_в = \frac{P_{расч.в}}{2\pi \cdot l_в}\left(\ln\frac{2l_в}{d} + \frac{1}{2}\ln\frac{4t+l}{4t-l}\right), \qquad (5.19)$$

$$P_в = \frac{112}{2 \cdot 3.14 \cdot 3}\left(\ln\frac{2 \cdot 3}{0.5} + \frac{1}{2}\ln\frac{4 \cdot 2 + 3}{4 \cdot 2 - 3}\right).$$

Горизонтального электрода $R_г$:

$$P_г = \frac{P_{расч.г}}{2 \cdot \pi \cdot L_г} \cdot \ln\frac{L_г^2}{dt}, \qquad (5.20)$$

$$P_г = \frac{200}{2 \cdot 3.14 \cdot 150} \cdot \ln\frac{150^2}{0.5 \cdot 0.04 \cdot 0.5} = 3.1\ Ом.$$

Определим по таблице коэффициенты использования вертикального и горизонтального электродов:

$$\eta_в = 0,4;\ \eta_г = 0,21,$$

Найдем сопротивление растеканию принятого группового заземлителя:

$$P_{гр} = \frac{(R_в \cdot R_г)}{(R_в \cdot \eta_г + R_г \cdot n_в \cdot \eta_в)}, \qquad (5.21)$$

$$P_{гр} = \frac{(30.7 \cdot 3.1)}{(30.7 \cdot 0.21 + 3.1 \cdot 12 \cdot 0.4)} = 1.7\ Ом.$$

Расхождение между требуемым и расчетным сопротивлением заземлителя равно:

$$\Delta R = R_{тр} - R_{гр} = 1.95 - 1.7 = 0.25\ Ом.$$

На рисунке 6 изображена схема расположения заземлителей. Расстояние между заземлителями a = 3 м, количество заземлителей $n_в$ = 12 шт. На рисунке 6.5 показано устройство заземления. В качестве заземляющих проводников принимаем полосовую сталь сечением 48 мм^2.

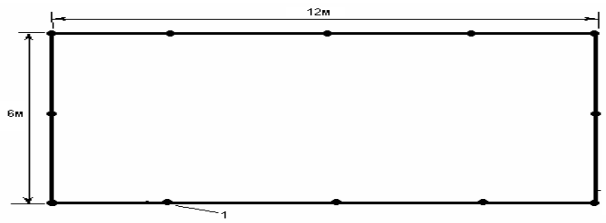


Рисунок 5.5 – Схема расположения заземляющего контура

1-заземлитель

5.5 Разработка молния защиты

В соответствии с назначением зданий и сооружений необходимость выполнения молнии защиты, в зависимости от среднегодовой продолжительности гроз в месте нахождения здания или сооружения, а также от ожидаемого количества поражений его молнией в год.

Согласно представленного проекта для размещения нового оборудования предполагается максимальное использование инфраструктуры существующих радиорелейных станций (РРС). То есть будут использоваться постройки, коммуникации, системы энергоснабжения и жизнеобеспечения.

Исходя из этого, рассмотрим систему молния защиты для РС, находящуюся на территории городе Иссык.

Основными защищаемыми объектами являются техническое здание, в котором размещается аппаратура и технический персонал, и антенна, установленная на мачте, высотой Н=40,5 м. Согласно ПУЭ все строения на территории указанной РРС относятся к категории пожароопасных

помещений П-I, П-II. Соответственно все защищаемые объекты относятся к III категории по устройству молния защиты.

Илийский район, в котором расположена данная РРС, находится в зоне, где среднегодовая продолжительность гроз составляет 10÷20 часов.

Количество ожидаемых поражений молнией в год рассчитываем по формуле:

$$N=9\cdot\pi\cdot h\cdot n\cdot 10\text{-}6,$$

где h–наибольшая высота защищаемого объекта, равная 72,7 метрам;

n–число ударов в год молнии в 1 км2 земной поверхности, для n = 1

Отсюда рассчитаем количество N:

$N = 9\cdot\pi\cdot 40{,}5\cdot 1\cdot 10\text{-}6= 0{,}0011$

Здание относится ко II категории; N≤1 – зона Б. Здание, должно быть защищено от прямых ударов молнии, электрической и электромагнитной индукции и заноса высоких потенциалов через наземные и подземные металлические коммуникации.

Для защиты от первичных появлений молнии устраивают молниеотводы, которые воспринимают грозовой разряд (молнию) и безопасно отводят ток молнии в землю, создавая защитную зону.

Молниеотвод состоит из несущей части, молния приемника, токоотвода и заземлителя защиты от прямых ударов молнии. Металлическая башня РРС, высотой Н – 40,5 метров, является токоотводом, соединенным с заземлителем, а верхняя часть используется как молния приемник.

Проще всего в качестве молния приемника использовать конструкцию из полосовой стали (рисунок 4.2). Для защиты молниеотвода от коррозии используем метод покраски.

Размеры молниеотвода примем следующими: площадь сечение 100 мм 2, длина 2000 мм.

Так как нами был сделан выбор одиночного стержневого молния приемника и используется зона защиты типа Б, то расчет зоны произведем по формулам:

$h0 = 0{,}92\ h$

$r0 = 1{,}5\ h$

$rx = 1{,}5\ (h\text{-}hx\ /0{,}92),$

где h0 – высота зоны защиты над землей, м

r0 - радиус зоны защиты на уровне земли, м

rx - радиус зоны защиты на высоте защищаемого объекта, м

hx – высота защищаемого объекта над землей, равная 40 м

на рисунке 4.3 приведена зона защиты одиночного стержневого молниеотвода

h0 = 0,92h, где h = h1 + h2, где

h1 – высоты башни, равная 40,5 м

h2 – высота молния приемника 4,5м

h = 45

h0 = 0,92*45 = 41,4 м

r0 = 1,5*45 = 67,5 м

rx = 1,5 (45– 40/0,92) = 4,3м

Высота подвеса антенны 40 м.

Из проделанных расчетов можно сделать вывод, что антенна (наивысшая точка защищаемых объектов) находится в зоне защиты.

Территория, требующая защиты от ударов молнии находится в пределах зоны защиты (рассчитано 67,5 м.). Отсюда можно сделать вывод, что все объекты защищены.

Для молния защиты III категории в качестве заземлителя используются рекомендуемые ПУЭ заземлители электроустановок действующей РРС.

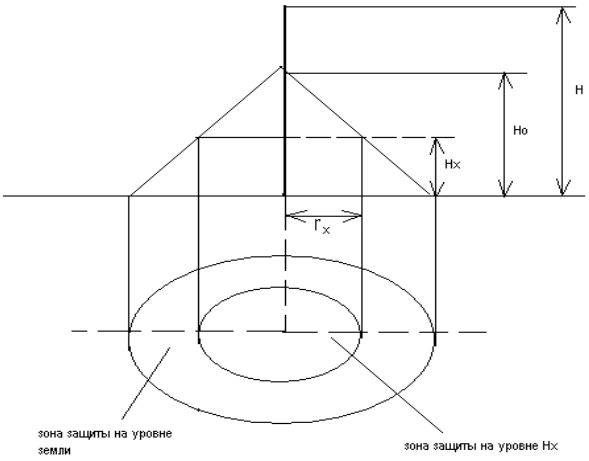


Рисунок 5.6 – Зона защиты

4. Бизнес - план

4.1 Сущность проекта

Компания «ZTE», это новый оператор сотовой связи в Казахстане, и крупнейший оператор сотовой связи CDMA в Китае и мире. А также он является крупнейшим поставщиком оборудования CDMA в ближнем зарубежье, таких странах как Белоруссия, Украина, а также Пакистане, Индонезии и Индии.

В настоящее время компания лидирует по ряду серьёзных показателей, таких как уровень роста, объём инвестиций, количество абонентов, качество и спектр предоставляемых услуг.

Дальнейшая стратегия роста компании направлена на развитие сети и внедрение передовых технологий, позволяющих увеличить спектр услуг. Решив эту не простую задачу, компания значительно повысит емкость сети и реально будет готова удовлетворить быстрорастущий спрос на мобильную связь в Казахстане.

В данном дипломном проекте рассматривается внедрение сети CDMA в Илийском районе Алматинской области.

Расширение сети обусловлено необходимостью покрытия регионов сотовой связью системы CDMA. В данном проекте планируется охватить сотовой связью округи Караой и Казцик Илийского района. Новый сегмент сети должен быть того же стандарта CDMA-450 и добавлен согласно спецификациям ITU.

Причины внедрения системы сотовой связи стандарта CDMA - 450, в городе Иссык:

- необходимость обеспечения населения более качественной связью, чем та которую предоставляют сети GSM;
- увеличение платежеспособности населения;
- максимальное удовлетворение потребностей населения;
- организация дополнительных рабочих мест.

4.2 Характеристика проекта

Статистика свидетельствует о том, что телефонная плотность в Республике Казахстан (включая фиксированный и мобильный телефоны) составляет 21%, в том числе 80% приходится на городских жителей. Это подтверждает и то, что операторы телекоммуникационной сети, независимо от фиксированной или мобильной связи в основном сосредоточены в крупных мегаполисах страны. В сельских же регионах телефонная плотность составляет всего 5%, что намного ниже требований, предъявляемых Международным союзом электросвязи. Известно, что в процессе подъема экономики потребность в использовании телекоммуникационных систем сильно возрастает. И это в свою очередь делает необходимым изменение технических подходов к решению вопросов по распространению и предоставлению услуг связи вообще и, в частности, хотя бы обозначить основные приоритеты в развитии связи именно в сельских регионах.

Очевидными преимуществами беспроводной связи являются:

- возможность построения сети с минимальными инвестициями, несложное управление проектом, высокая скорость установки и развертывания оборудования сети. Находясь в зоне покрытия, пользователь связи может в любое время установить телефон и обработать персональный запрос;
- простота в эксплуатации - текущий ремонт и обслуживание производятся непосредственно на базовых станциях;
- удобное расширение - за счет добавления стативов можно легко удовлетворить возрастающие запросы потребителей услуг в области связи, что может стать основой эффективности инвестиций;
- совместное использование - при необходимости источник совместного потребления в радиусе покрытия может применяться и для общего пользования (например таксофоны), таким образом, становясь еще одним источников прибыли.

В данном дипломном проекте рассматривается обеспечение Илийского района с населением 154124 человек (по данным переписи 2006 года) сотовой системой CDMA 450 характеризующейся большой зоной покрытия базовых станций и относительной дешевизной. Кроме того новый генплан предусматривает значительное расширение границ города с дальнейшим созданием имиджа международного туристического центра.

4.3 Маркетинг

Исследования рынка и реклама

По результатам исследований, проведенных статистическими центрами, запросы у абонентов сельской местности невысокие. Традиционное решение проводной связи потребует огромного финансирования, что может привести к неоправданным рискам. Первоначальные вкладывания по поддержанию эксплуатации сетей, а также относительно невысокий процент использования телефонов, - неизбежно приведет к низкой окупаемости инвестиций.

Но в связи с необходимостью построения сетей в сельских регионах и трудностями в реализации проекта - необходимо учесть все особенности телекоммуникационного рынка, сложившегося в Казахстане и использовать при этом достаточно смелые, технически грамотные и обоснованные решения для развития сети в сельской местности.

Беспроводная связь в последние годы стала одной из современных и востребованных технологий в области телекоммуникационных систем. Беспроводный доступ становится одним из самых рентабельных технологий построения сети в сельской местности. Особенно стоит выделить зону покрытия сети беспроводного доступа, которая может быть обеспечена практически в любом месте. Поэтому на стартовом этапе проекта позволительно не учитывать численность и распределение пользователей, так как большее их количество можно гарантировать после построения системы. Как только будут установлены базовые станции - решатся все основные вопросы по обеспечению зоны покрытия, и в этом, безусловно, проявляется принципиальное отличие данной технологии от других видов связи.

Ценообразование и тарифная политика

Большую часть города занимают дома частного сектора. Кроме того, имеется 12 многоэтажных дома, а основной экономической деятельностью являются промпереработка сельхозпродукции, строительство и торговля. Тарифная политика будет исходить из финансовых возможностей населения и опоры на развитие туристической деятельности этого города.

В основе ценообразования рассчитывается себестоимость на единицу продукции с учетом объема продаж который обеспечивает получение намеченной прибыли. Если себестоимость трансформируется из-за уменьшения или увеличения загрузки производственных мощностей и объемов сбыта, используют показатели степени загрузки производственных мощностей с учетом влияния конъюнктуры и других факторов, после чего

определяют цену продажи на единицу продукции, которая при этих условиях обеспечила бы целую прибыль.

Ценовая политика компании Компания «ZTE», заключается в стремлении сделать мобильную связь еще более доступной для жителей Казахстана. В 2005 году была введена новая услуга GPRS которая позволяет пользоваться Интернетом и пересылкой фотографий (MMS).

Благодаря гибкой политике компании в области продаж, количество официальных дистрибьюторов возросло до 12, а число зарегистрированных дилеров составляет на данный момент более 300.

Стратегическая цель маркетинга компании заключается в создании репутации самого надежного провайдера связи в РК.

Успехам компании будет содействовать высокое сервисное обслуживание специалистами высокого класса по подключению, ремонту и настройке аппаратуры.

Анализ телекоммуникационной индустрии в Казахстане:

Состояние казахстанского телекоммуникационного сектора достаточно многообещающее. Растущие уровни производства и хорошо развивающиеся коммерческие отношения стимулировали рост во всех секторах экономики и в телекоммуникационном секторе, в особенности. Показатели представляют собой все основные услуги в индустрии, такие как:

- традиционная телефония выделенной линии
- передача данных и аренда каналов
- Интернет
- беспроводная (сотовая) связь и другие радио услуги

Среднее значение роста прибыльности индустрии было 25% (в зависимости от роста количества абонентов мобильной связи).

Объем телекоммуникационного рынка в 2006 году составил 1,5 млрд. долларов. Такой быстрый рост рынка связан с общим экономическим ростом в Казахстане и развитием телекоммуникационной индустрии. Более 600 млн. долларов было инвестировано в период с 2002 по 2006 гг.

На рынке лидирует сегмент мобильной связи, который формирует около 40% телекоммуникационного объема согласно показателям 2005 г. Междугородняя национальная и международная связь формирует 30% доли, тогда как передача данных и местное соединение формируют 7% и 5% доли соответственно.

4.4 Организационный план

Организационный план является неотъемлемой частью бизнес-плана.

В данном проекте будет произведен расчет затрат на покупку, доставку, установку и запуск оборудования сотовой связи стандарта CDMA-450, производства компании ZTE.

Для осуществления данного проекта необходимо будет установить в Илийском районе одну центральную станцию (BSC) и три BTS. На первые три года работы компании данное оборудование не будет нуждаться в

увеличении числа станций, так как численность абонентов не превысит 50000 абонентов.

Таблица 4.1 Состав и стоимость оборудования сотовой связи [1]

Наименование оборудования	Кол-во	Цена, Тыс. тенге	Стоимость, тыс. тенге
ZTE ZXC10-BTS	1	6 375	6 375
ZTE ZXC10-BSC	1	2 500	2 500
ZTE ZXC10-MSC	1	31 250	31 250
Сервер БД	1	150	150
Секторная антенна	6	250	1500
Контейнер	3	1 800	5 400
Аккумулятор	200 шт.	4	800
Стойка электропитания	3	850	2 550
Кабель электропитания, заземления	200 м	0.1	20
Фидер	500 м	0.25	1 25
Коаксиальный кабель	200 м	0.25	50
UPS	3	200	600
Система GPS	3	35	105
Неучтенное оборудование			14 000
Сумма			65 425

Общая стоимость оборудования составляет 65 425 тыс.тенге.

4.5 Производственный план

Кроме затрат на покупку оборудования описанного выше планируются затраты на ее доставку, монтаж, аренда полосы частот и рекламу. Следует учесть затраты на подключение проектируемой сети к сети Интернет, посредством первичного провайдера, такого как Казактелеком.

На предприятии работают 5 человек с техническим образованием по специальности инженер связи, производящих непосредственно сервис.

Планируются профилактические работы раз в год учитывая новизну установленного оборудования.

4.6 Финансовый план

Финансовый план включает в себя расчет общих капитальных затрат, доходов, эксплуатационных расходов, прибыли, рентабельности и срока окупаемости.

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

4.6.1 Капитальные затраты

Капитальные затраты определим по формуле:

$$K = Ц + K_{П} + K_{Д} + K_{У} + K_{СМ} + K_{РС} + K_{АБ} + K_{ПР}, \quad (4.1)$$

где Ц – цена оборудования сети;

$K_{П}$ – стоимость перевозки из Китая до города Алматы на ж/д транспорте;

$K_{Д}$ – стоимость доставки оборудования с железнодорожного тупика до мест установки;

$K_{У}$ – стоимость монтажа и установки оборудования.

$K_{РС}$ – стоимость оборудования рабочих станций;

$K_{АБ}$ – стоимость закупки телефонных терминалов;

$K_{ПР}$ – прочие затраты;

Капитальные затраты:

Стоимость оборудования сети составит: Ц = 65 425 тысяч тенге [1];

Стоимость оборудования включает в себя: стоимость BTS, одного BSC, сервера базы данных, шести секторных антенн, двести аккумуляторов, три стойки электропитания, кабеля электропитания и заземления, фидеры, коаксиальный кабель, система GPS, инструменты для монтажа.

− стоимость перевозки оборудования из Китая до города Алматы по железной дороге 1 875 тысяч тенге [2];

− доставка оборудования с железнодорожного тупика до места установки 169 тыс. тенге [3];

− установка и монтаж оборудования 8 500 тысяч тенге [4] Установка и монтаж контроллера БС (BSC) в Илий 90 тыс. тенге [5] (Для покрытия территории всего Казахстана необходим один контроллер БС (BSC). Учитывая это, все затраты по его монтажу и вводу в эксплуатацию, которые составят 1 250 тысяч тенге , будут равномерно распределятся между всеми областями Казахстана);

− стоимость закупки сотовых терминалов составляет 225 000 тыс. тенге [6];

− общая стоимость рабочей станции составит 591 тыс. тенге [7]

− Прочие затраты, которые включают в себя аренду помещения для областного отделения контроля, аренду мачт, аренду крыш для установки контейнеров, составляют 2 000 тыс. тенге [8].

Капитальные затраты:

$$К = 65\ 425 + 9\ 750 + 225\ 000 + 1\ 875 + 169 + 591 + 41\ 100 = \\ = 343\ 910 \text{ тыс.тенге.}$$

Таблица 4.2 Капитальные затраты

Наименование затрат	Стоимость, тыс. тг.
Стоимость оборудования, (Ц)	65 425
Установка и монтаж оборудования включая контроллер центральной базовой станции, (Ку)	9 750
Стоимость закупки сотовых терминалов (Каб)	225 000
Перевозка оборудования из Китая до г. Алматы по железной дороге, (Кп)	1 875
Доставка оборудования с железнодорожного тупика до мест установки, (Кд)	169
Стоимость рабочих мест, (Км)	591
Прочие затраты	41 100
Сумма капитальных затрат	343 910

4.7 Расчет годовых эксплуатационных расходов

Эксплуатационные расходы определяются как

$$С = А_{ПЧ} + А_{E1} + ЗП + А + М + С_{ЭЛ} + С_{Р} + Н_{Р.} \quad (4.2)$$

где,$А_{ПЧ}$ аренда полосы частот составляет 266,455 тыс.тенге [9] в год(годовая ставка платы за использования для CDMA WLL(за одну БС): населенный пункт с населением > 200тыс. человек – 190МРП, <200тыс. чел. – 90МРП, райцентры, города районного значения с нас.<50тыс. человек – 10МРП, остальные территориальные единицы – 2МРП для РЛЛ – в одной области 40МРП). Станция будет установлена в населенном пункте с населением менее 50 тыс.человек.

$А_{E1}$стоимость 3 каналов Е1 для БС, 18360 тыс.тенге [10] в год (каждой БС стандарта CDMA 450 необходим канал Е1 2 Мбит/сек, для канала синхронизации и трафика, таким образом нам необходимо арендовать 2 каналов у АО «Казахтелеком».

Исходя из специфики проекта АО «Казахтелеком» выделяет 2 канала в своей оптоволоконной сети. Аренда одного канала 90 тыс.тенге в месяц [10]).

ЗП - основная и дополнительная заработная плата персонала

С отчислением на социальное страхование, пенсионный фонд, фонд занятости;

А - амортизационные отчисления;

М - затраты на материалы и запасные части;

$С_{ЭЛ}$ - электроэнергия со стороны производственных нужд;

$С_Р$ - затраты на рекламу;

$Н_Р$ – Накладные расходы

Для вычисления заработной платы примем среднюю месячную заработную плату работника компании 60 000 тенге [11]. На обслуживание базовых станций и эксплуатацию сети необходимо 5 сотрудников.

$$ЗП_{ОСН} = 60\,000 \cdot 5 \cdot 12 = 3\,600 \text{ тыс.тенге}$$

В годовой фонд заработной платы включается дополнительная заработная плата (работа в праздничные дни, сверхурочные и т.д.) в размере 30% от основной заработной платы.

$$ЗП_{ДОП} = ЗП_{ОСН} \cdot 0.3 = 3\,600 \cdot 0.3 = 1\,080 \text{ тыс. тенге}$$

При расчете фонда заработной платы следует учесть премии для выплаты рабочим (15%):

$$П = ЗП_{ОСН} \cdot 0.15 = 3\,600 \cdot 0.15 = 540 \text{ тыс.тенге}$$

Фонд оплаты труда складывается из основной и дополнительной заработной платы:

$$ФОТ = ЗП_{ОСН} + ЗП_{ДОП} \quad (4.3)$$

$$ФОТ = 3\,600 + 1\,080 = 5\,220 \text{ тыс.тенге}$$

Социальный налог составляет 11 % от фонда оплаты труда без учета отчислений в пенсионный фонд:

$С_Н = (ФОТ\text{-}С_п) \cdot 0.11 = (5\,220 – 522) \cdot 0.11 = 510$ тыс.тенге.

Затраты на заработную плату:

$$ЗП = ФОТ + С_Н \quad (4.4)$$

$$ЗП = 5\,220 + 510 = 5830 \text{ тыс.тенге}$$

Амортизация составляет 15% от цены оборудования (Оборудование сотовой связи):

$$А = 65\,425 \cdot 0.15 = 9\,813 \text{ тыс.тенге} \quad (4.5)$$

Затраты на электроэнергию рассчитаем по следующей формуле:

$$С_{ЭЛ} = W \cdot T \cdot S \cdot N,$$

где W- потребляемая мощность W= 1 кВт;

T- количество часов работы T=8760 ч/год;

S- стоимость киловатт-часа электроэнергии S=14,36 тг/квт-час [12].

N- количество БС, 3 штук.

$$С_{ЭЛ} = 1 \cdot 8760 \cdot 14.36 \cdot 3 = 134{,}553 \text{ тыс.тенге} \quad (4.6)$$

Затраты на материалы и запасные части принимают в размере 5% от стоимости системы:

$$М = 65\,425 \cdot 0{,}05 = 3{,}271 \text{ тыс.тенге} \quad (4.7)$$

Успех данного проекта зависит, в первую очередь, от рекламы, следовательно на рекламу предусмотрены расходы в размере 4312 тыс.тенге[13] в год. В расходы включаются затраты на рекламу в пяти газетах в течение года, размещение рекламных плакатов по городам и рекламы на радио.

C_P = 4 312 тыс.тенге в год.

Накладные расходы составят 30% от ФОТ:

$$Н_P = ФОТ \cdot 30\% = 5\ 220 \cdot 0.30 = 1\ 566 \text{ тыс.тенге} \quad (4.8)$$

Таким образом, эксплуатационные расходы составят:

$$С = А_{ПЧ} + А_{E1} + ЗП + А + М + С_{ЭЛ} + Н_P + С_P \quad (4.9)$$

$$С = 266,455 + 18\ 360 + 6\ 089 + 9\ 813 + 134,553 + 3\ 271 + 4\ 312,5 + 1\ 566 = 43\ 812,508 \text{ тыс.тенге}$$

Сведем получившиеся результаты в таблицу 7.3:

Таблица 4.3 Эксплуатационные расходы

Статьи затрат	Сумма	
	Абсолютное значение тыс.тг.	Удельный вес %
Аренда полосы частот (БС+РРЛ), тыс.тг.	266,455	0.6
Аренда 18 Е1, тыс.тенге	18 360	42
Зарплата обслуж-щего персонала, тыс.тг.	6 089	13,89
Амортизация	9 813	22,3
Затраты на электроэнергию, тыс.тенге	134,553	0,3
Затраты на материалы, тыс.тенге	3,271	7,46
Накладные расходы, тыс.тенге	1 566	3,57
Затраты на рекламу, тыс.тенге	4312,5	9,8
Годовые эксплуатационные расходы	43 812,508	100

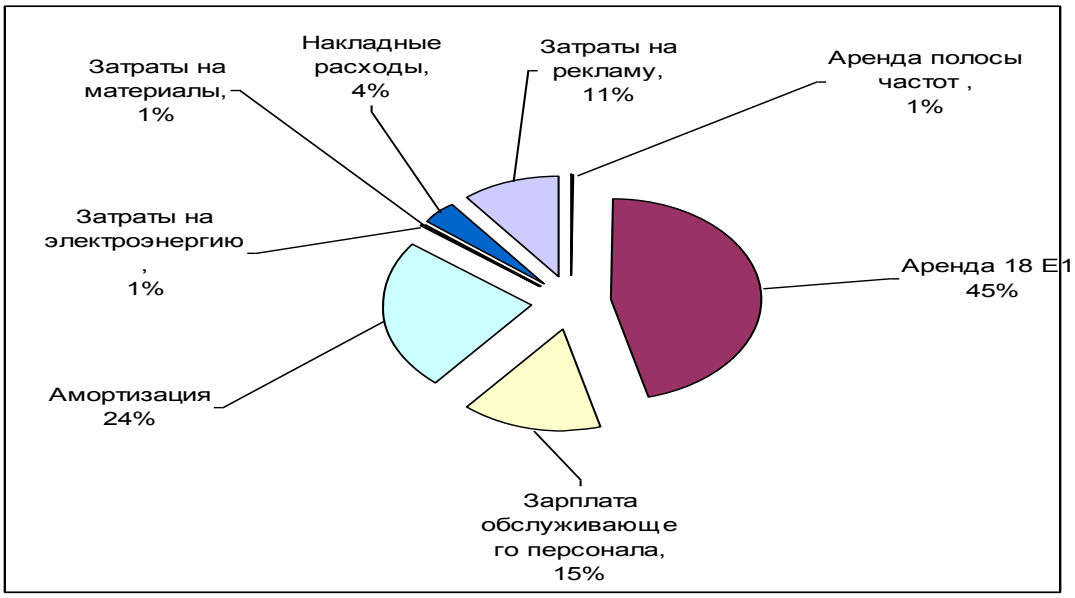


Рисунок 4.1 Структура эксплуатационных расходов

4.8 Расчет доходов от предоставления услуг сотовой связи

Расчет доходов от предоставления услуг сотовой связи производится как ожидаемые по результатам маркетингового анализа и планирования. Прогнозируемая численность абонентов составит 10 000 абонентов.

Стоимость подключения каждого нового абонента включая телефонный терминал составляет 10000 тенге .

Таблица 4.4 Расчет доходов от предоставления услуг сотовой связи [15]

Наименование услуги	Тариф	Тариф АО «Казахтелеком», тенге	Объем продаж в месяц, единицы	Ожидаемые годовые доходы, тыс.тенге
Исходящий звонок на другие операторы	32 тг./мин.	8 тг/мин.	416 667 мин.	120 000
Отправка коротких сообщений SMS	5.5 тг/шт.	-	909 091 шт.	60 000
Звонки внутри сети	2 тг/мин.	-	3 750 000 мин.	90 000
Доступ в интернет	45 тг/мин.	-	55 556 мин.	30 000

В среднем каждый абонент тратит в месяц 1200 тенге на услуги сотовой связи, из которых по статистике 50% (600 тенге) на исходящие звонки, 50% на прочие услуги оператора (200 тенге на отправку SMS (коротких сообщений), 300 тенге на звонки внутри сети, 100 тенге на доступ в Интернет).

Следовательно, ежемесячно каждый из абонентов в среднем пользуется:

- услугами исходящих звонков:

$$T_{исх} = G_{исх} / N_{исх}, \quad (4.10)$$

где $G_{исх}$ – предполагаемая сумма, затрачиваемая абонентом на исходящие звонки;

$N_{исх}$ – тариф одной минуты исходящего звонка;

$$T_{исх} = 600 / 32 = 18,75 \text{ минут};$$

- услугами отправки коротких сообщений SMS:

$$T_{sms} = G_{sms} / N_{sms}, \quad (4.11)$$

где G_{sms} – предполагаемая сумма, затрачиваемая абонентом на SMS;

N_{sms} – тариф отправки одного SMS;

$$T_{sms} = 200 / 5,5 = 36 \text{ штук};$$

- услугами доступа в Интернет:

$$T_i = G_i / N_i, \quad (4.12)$$

где G_i – предполагаемая сумма, затрачиваемая абонентом на получение информации посредством доступа в Интернет;

N_i – тариф использования шлюза Интернет;

$$T_i = 100 / 45 = 2.2 \text{ минуты}$$

- услугами звонков внутри сети:

$$T_{внс} = G_{внс} / N_{внс}, \quad (4.13)$$

где $G_{внс}$ – предполагаемая сумма, затрачиваемая абонентом на звонки внутри сети;

$N_{внс}$ – тариф одной минуты внутри сети;

$$T_{внс} = 300 / 2 = 150 \text{ минут},$$

Расчет ожидаемых годовых доходов

- от услуг исходящих звонков с учетом тарифа АО «Казахтелеком»:

$$S_{исх} = 12 \cdot V_{исх} \cdot (T_{исх} - T_{кт}) \cdot n, \quad (4.14)$$

где n – число предполагаемых абонентов сети;

$V_{исх}$ – объем продаж единиц в месяц;

$T_{кт}$ – тариф АО «Казахтелеком» за пользование коммутатором.

$$S_{исх} = 12 \cdot 18.75 \cdot (32 - 8) \cdot 10000 = 54\,000 \text{ тыс.тенге};$$

- от услуг отправки SMS:

$$S_{sms} = 12 \cdot V_{sms} \cdot T_{sms} \cdot n, \quad (4.15)$$

где n – число предполагаемых абонентов сети;

V_{sms} – объем продаж единиц SMS в месяц;

T_{sms} – тариф за отправку одного SMS.

$$S_{sms} = 12 \cdot 36 \cdot 5.5 \cdot 10000 = 23\,760 \text{ тыс.тенге};$$

- от звонков внутри сети:

$$S_{внс} = 12 \cdot V_{внс} \cdot T_{внс} \cdot n, \quad (4.16)$$

где n – число предполагаемых абонентов сети;

$V_{внс}$ – объем продаж единиц в месяц;

$T_{внс}$ – тариф за одну минуту разговора внутри сети.

$$S_{внс} = 12 \cdot 150 \cdot 2 \cdot 10000 = 36\ 000 \text{ тыс.тенге;}$$

- от услуг использования Интернета:

$$S_i = 12 \cdot V_i \cdot T_i \cdot n, \quad (4.17)$$

где n – число предполагаемых абонентов сети;

V_i – объем продаж интернет-минут в месяц;

T_i – тариф за одну интернет-минуту;

$$S_i = 12 \cdot 2.2 \cdot 45 \cdot 10000 = 11\ 880 \text{ тыс.тенге;}$$

- Доход от продажи терминалов:

$$S_т = (10\ 000\text{-}9\ 500) \cdot 10000 = 5\ 000 \text{ тыс.тенге}$$

$$S_{Тобщ} = 50\ 000 + 100\ 000 = 150\ 000 \text{ тыс.тенге} \quad (4.18)$$

- Дотации от АИС

$$S_{АИС} = 10000 \cdot 0{,}615 = 6\ 150 \text{ тыс.тенге}$$

Общий доход:

$$S = S_{исх} + S_{sms} + S_{inf} + S_i + S_T + S_{АИС} \quad (4.19)$$

$$S = 54\ 000 + 23\ 760 + 36\ 000 + 11\ 880 + 150\ 000 + 6\ 150 =$$
$$= 281\ 790 \text{тыс. тенге}$$

Таблица 4.5 Расчет доходов от предоставления услуг сотовой связи

Наименование услуги	Ожидаемые годовые доходы, тыс.тенге
Исходящий звонок на другие операторы	54 000
Отправка коротких сообщений SMS	23 760
Звонки внутри сети	36 000
Доступ в Internet	11 880
Доход от продажи терминалов	150 000
Дотации от АИС	6 150
Итого	281 790

4.9 Расчет срока окупаемости

Доход от основной деятельности определим по формуле:

$$ЧД = Д – Эр, \text{ тенге} \quad (4.20)$$

$$ЧД = 281\ 790 – 43\ 812 = 237\ 978 \text{ тенге;}$$

Чистый доход остающийся в распоряжении предприятия – это прибыль после налогооблажения:

$$ЧП = ЧД – Н, \text{ тенге} \quad (4.21)$$

где Н – корпоративный налог в размере 30% от суммы чистого дохода

$$ЧП = 237\ 978 – 71\ 393 = 166\ 584 \text{ тенге;}$$

Определим фонд накопления:

$$ФН = 0,75 \cdot ЧП \quad (4.22)$$

$$ФН = 0,75 \cdot 166\,584 = 124\,938,45 \text{ тыс.тенге}$$

Определим значение ОЧПДС:

$$ОЧПДС = ФН + А \quad (4.23)$$

$$ОЧПДС = 124\,938,45 + 9\,813 = 134751,45 \text{ тыс. тенге}$$

Выполняем расчет Ток с учетом фактора времени.

Принимаем ставку дисконта 14%.

Рассчитаем коэффициент дисконта

$$К_д = 1:(1+i)^t, \quad (4.24)$$

где i - индекс дисконта;

t- порядковый номер периода

$К_д^1 = 1:(1+0,14)^1 = 0,87$

$К_д^2 = 1:(1+0,14)^2 = 0,77$

$К_д^3 = 1:(1+0,14)^3 = 0,67$

$К_д^4 = 1:(1+0,14)^4 = 0,59$

$К_д^5 = 1:(1+0,14)^5 = 0,51$

Рентабельность составит:

$$P = \frac{ОЧПДС}{К} = \frac{134751}{343910} * 100 = 40\% \quad (4.25)$$

$$ПЧПДС = ОЧПДС * К_д \quad (4.26)$$

Таблица 4.6 Значения NPV по годам

Года	ОЧПДС тыс. тг.	$К_д$	ПЧПДС Тыс. тг.	ПЧПДС(накопит.) Тыс. тг.	Кап.влож. Тыс. тг.	NPV Тыс. тг.
0					343910	-343910
1	134751	0.87	117233	117233	343910	-226677
2	134751	0.77	103758	220991	343910	-122919
3	134751	0.67	90283	311274	343910	-32636
4	134751	0.59	79503	390777	343910	46867
5	134751	0.51	68723	459500	343910	115590

Таким образом, срок окупаемости проекта внедрения сотовой компании стандарта CDMA 450 в Илийском районе –3 года 5 месяцев.

Сведем полученные результаты в таблицу.

Таблица 4.7 Технико-экономические показатели

Наименование статей	Значение
Число потребителей, человек	10 000
Капитальные затраты	343 910
Численность обслуживающего персонала, человек	5

Доход от реализации услуг, тыс.тенге	281 790
Эксплуатационные расходы	43 812,508
Доход от основной деятельности тыс.тенге	281 790
Чистый доход, тыс.тенге	166 584
ОЧПДС	134 751
Срок окупаемости, год	3.4
Рентабельность, %	40

Построим график динамики NPV по годам:

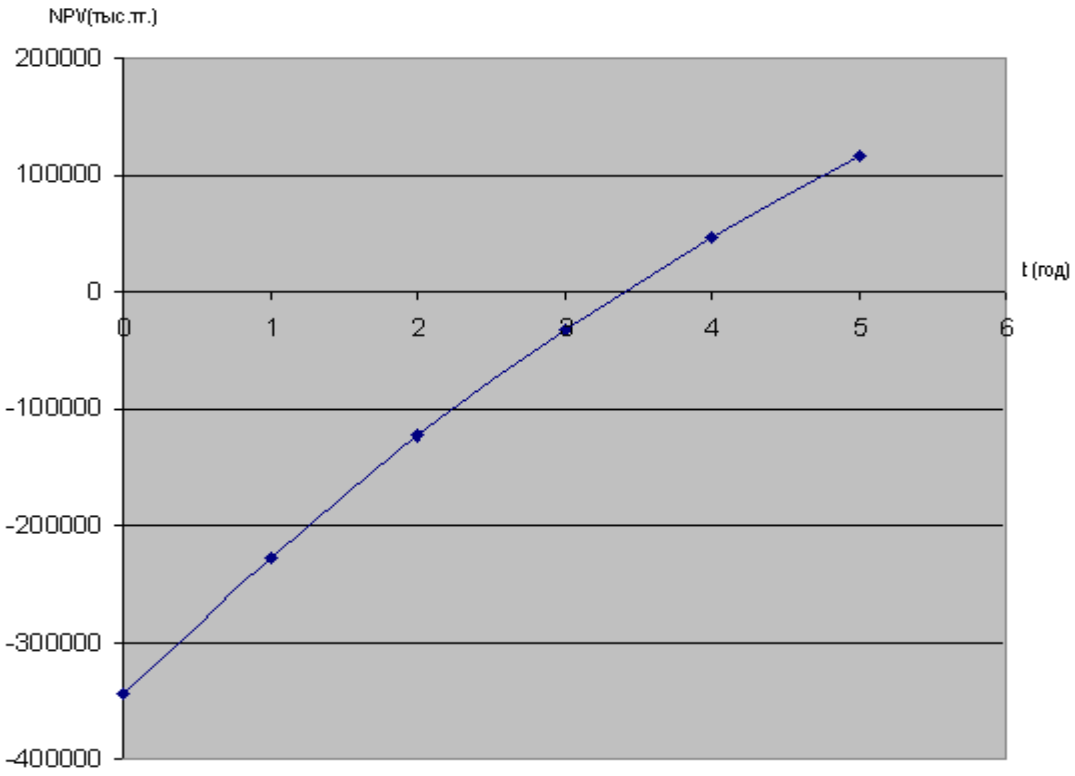


Рисунок 4.2 График динамики NPV

Исходя из расчетов можно сделать вывод, что введение нового сотового оператора на рынке Илийского района является целесообразным. В следствие чего, операторы других сотовых компаний будут вынуждены произвести понижение действующих тарифов, а население будет обеспечено более качественной сотовой связью и более широким выбором услуг в сотовой связи.

Рост абонентов будет наблюдаться три четыре года, потом будет происходить спад, в связи с такой ситуацией компания должна будет внедрять новую политику по привлечению клиентов, за счет новых услуг, рекламных компаний или более дешевых тарифных планов.

Срок окупаемости проекта составляет 3,4 года. Также полученного дохода достаточно на расширение сети и установку нового оборудования для увеличения емкости сети и увеличения качества предлагаемых услуг.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. http://russian.oricop.com/china-zte_zxc10_bsc_exchange_equipment_base_station_refurbished_telecom_equipment-1040805.html
2. http://almaty.satu.kz/p239802-dostavka-gruza-kitaya.html
3. http://almaty.satu.kz/p239802-dostavka-sbornogo-gruza.html
4. http://www.1stroitelny.kz/catalog/list/id/4ea7ac9dca37ec3b3d00001b.html.
5. http://profit.kz/articles/1737/Bazovie-osnovi-operatora-ili-Kak-organizuetsya-rabota-sotovoj-svyazi/
6. http://bb.f2.kz/ru/economic/terminaly-po-oplate-uslug-sotovoj-svyazi-nazad-v-proshloe-t8328.html
7. http://satu.kz/Rabochie-stantsii-hp.html
8. http://www.containex.ru/ru/produkcija/kontejnery-v-arendu/kontejnery-v-arendu?gclid=CNjf4eSj4r4CFeHbcgodfpgAvQ
9. http://kae.kz/laws.php?id=233
10. http://www.kaztranscom.kz/ru/services/corporate/hiring/transparent_leased_lines
11. http://hh.kz/
12. http://www.kt.kz/rus/society/s_nachala_2014_goda_v_almati_i_almatinskoj_povisitsja_tarif_na_elektroenergiju_1153582250.html
13. http://www.topreklama.kz/
14. http://www.telecom.kz/?lang=ru

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данном дипломном проекте была решена задача внедрения многоканальной телекоммуникационной сети сотовой связи компании ZTE в Илийском районе Алматинской области. Был произведен расчет сегмента сети, который позволил получить реальные зоны покрытия для различных видов местности.

В процессе работы над дипломным проектом, автором был изучен ряд документаций производителей оборудования с описанием технологий, касающихся технических параметров базовых станций, основных функций и характеристик, внутренних интерфейсов, и соответственно сделаны необходимые вычисления.

В технической части дипломного проекта было рассмотрено сетевое планирование, все параметры в прямом и обратном канале соответствуют нормам и не имеют отклонений от средних значений для подобного стандарта связи. Так же производились расчет радиуса соты и емкости станции, они показали зависимость от надежности в трафик канале и пилот канале, которая приводит к тому, что при увеличении надежности, количества абонентов и других параметров радиус соты стремительно уменьшается. Поэтому в дипломном проекте были выбраны оптимальные значения всех параметров сети.

Бизнес-план в дипломном проекте показал экономическую целесообразность внедрения сотового оператора стандарта CDMA 450 в сельских округах Илийского района.

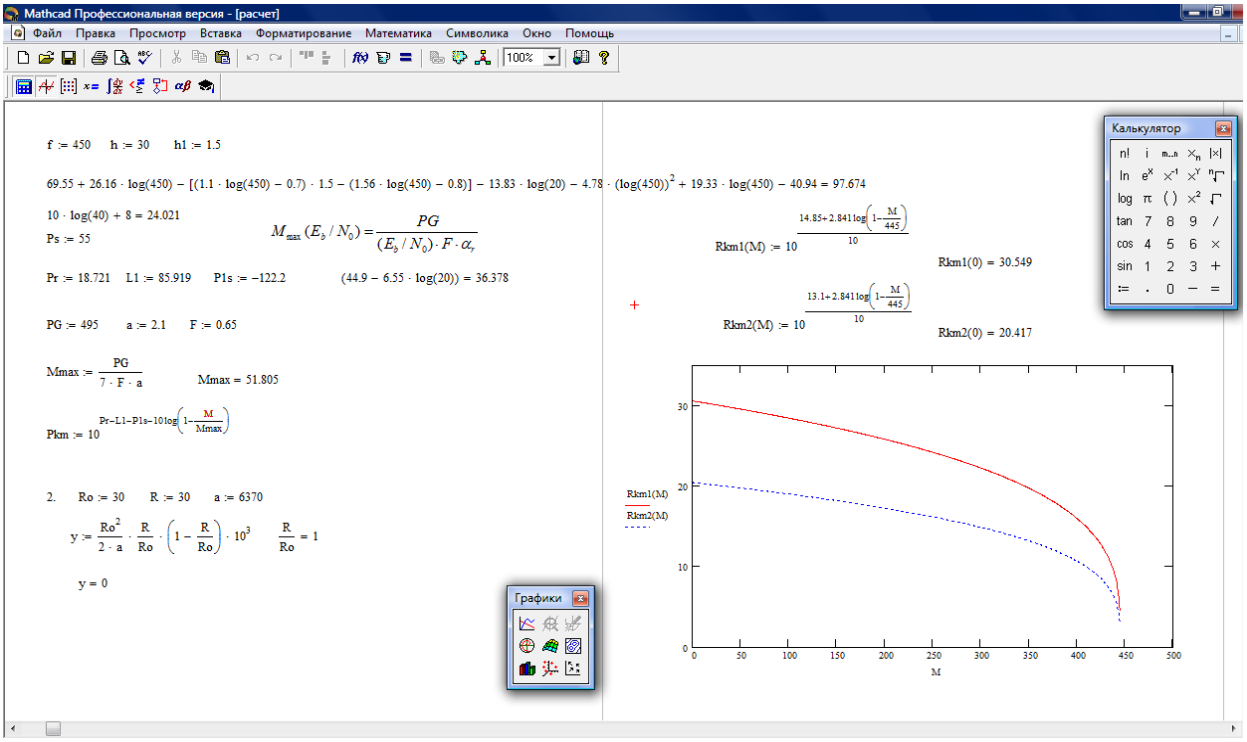
В разделе безопасность жизнедеятельности был произведен расчет оптимального искусственного и естественного освещения, результаты которого соответствуют всем ГОСТам и нормам. Также был произведен расчет заземления оборудования и представлены нормы по молниезащите рабочего помещения.

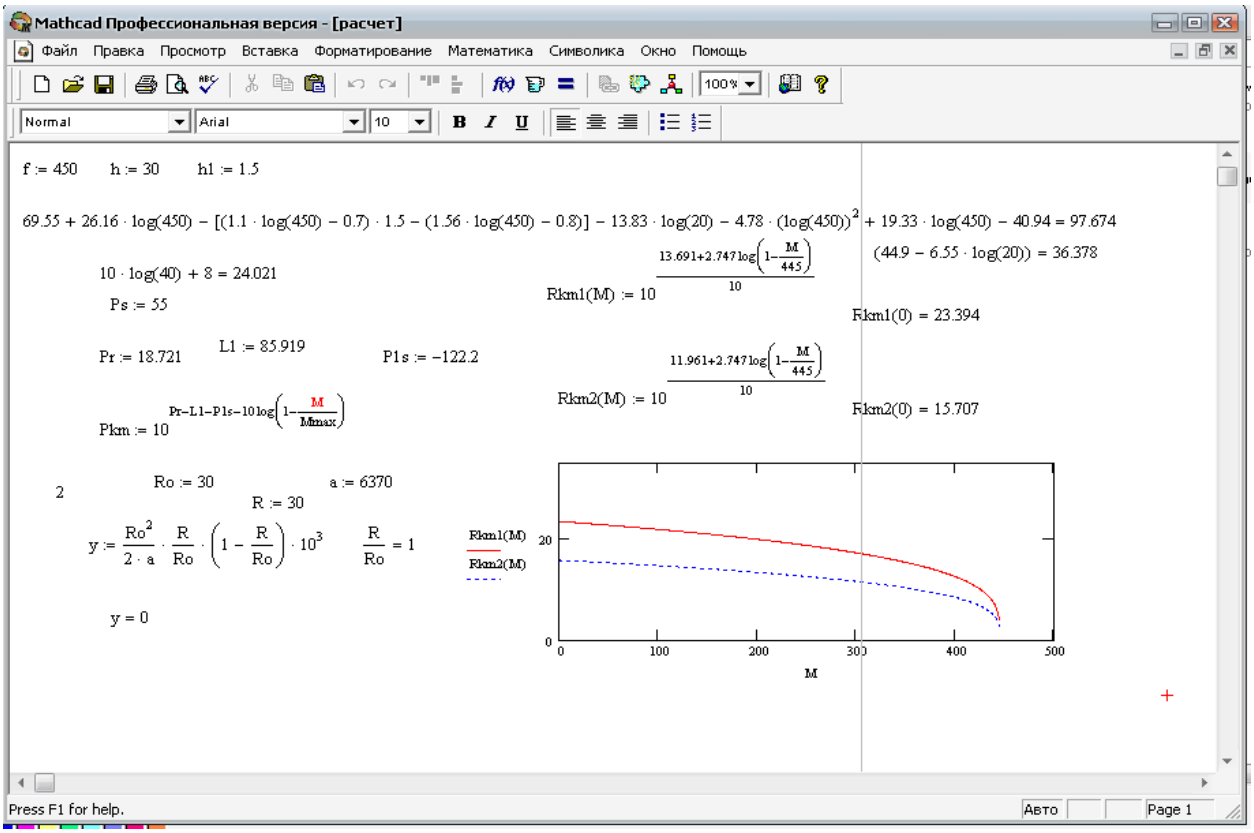
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

15.Громаков Ю.А. Стандарты и системы подвижной радиосвязи.- М.: Эко-Трендз, 1998.
16.Громаков Ю.А. Сотовые системы подвижной радиосвязи. Технологии электронных коммуникаций.- М.: Эко-Трендз, 1994. Том 48.
17.Громаков Ю.А. Структура TDMA кадров и формирование сигналов в стандарте GSM. – М.: Электросвязь. - N 10, 1993.- с. 9-12.
18.Ратынский М.В. Основы сотовой связи.- М.: Радио и связь, 1998.
19.http://www.compel.ru/catalog/wireless/cdma/em_iv_450.
20.Ворсанко Д. Кодирование речи в цифровой телефонии. Сети и системы связи.- М.: 1996. N1. - с. 84-87.
21.Кларк Д., Кейн Д. Кодирование с исправлением ошибок в системах цифровой связи.- М.: Радио и связь, 1987.
22.Андрианов В.И., Соколов А.В. Средства мобильной связи. – Санкт-Петербург, 1998.
23.Ратынский М.В. Сотовая связь как система массового обслуживания. Мобильные системы.- М., 1997.
24.Якубайтис Э.А. Открытые информационные сети. - М.: Радио и связь, 1991.
25.Heger W.. GSM vs. CDMA. GSM Global System for Mobile Communications. Proceedings of the GSM Promotion Seminar 1994 GSM MoU Group in Cooperation with ETSI GSM Members. 15 December 1994. с. 3.1-1 - 3.1-18.
26.Мамина Т.Н. Как составить бизнес-план.- М., 1999.
27.Налоговый кодекс РК. Алматы, 2004.
28.Http://issyk.info/
29.Баклашов Н.И., Китаева Н.Ж., Терехов Б.Д. Охрана труда на предприятиях связи и охрана окружающей среды. – М.: Радио и связь, 1989.
30.Кошулько Л.П., Суляева Н.Г., Генбач А.А.. Производственное освещение. Методические указания. – Алматы, 1989.
31.Белов С.В.. Безопасность жизнедеятельности. – М.: Высшая школа, 1999.
32.Горностаев. Л.М. Невдяев. Новые стандарты широкополосной радиосвязи на базе технологий W-CDMA. М. МЦНТИ, 1999, 165 с.
33.Маковеева М.М. Основы проектирования подвижных систем радиосвязи: Учебное пособие / МТУСИ .- М., 1999. - 31 с
34.Мухин А.М., Чайников Л.С. Энциклопедия мобильной связи, том 1, Системы связи подвижной службы общего пользования./ Спб: Наука и техника, 2001
35.Невдяев Л.М. Мобильная связь третьего поколения. М.: МЦНТИ, 2000
36.www.ixbt.com/mobile/cdma.html

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Компьютерный расчет бюджета лини связи





Продолжение приложения А

+

$Pma := Pme - Gm - Lm$ $\qquad Pma = 18.95$

$Pcu := Pme + Lp + Al + Gt + Lt$ $\qquad Pcu = 26.3$

$Iutr := Pcu + 10 \cdot \log(Nt - 1) + 10 \cdot \log(Ca) - 10 \cdot \log(Bw)$ $\qquad Iutr = -19.543$

$Ictr := Iutr + 10 \cdot \log\left(\frac{1}{fr} - 1\right)$ $\qquad Ictr = -22.232$

$Itr := 10 \cdot \log\left(10^{0.1 \cdot Iutr} + 10^{0.1 \cdot Ictr}\right)$ $\qquad Itr = -17.672$

$No := 10 \cdot \log\left(290 \cdot 1.38 \cdot 10^{-23}\right) + Nf + 30$ $\qquad No = -168.977$

$Pcu - 10 \cdot \log(brt) - 10 \cdot \log\left(10^{0.1 \cdot Itr} + 10^{0.1 \cdot No}\right) = 1.139$

$W := 1.25 \cdot 10^{6}$ $\qquad R := brt$ $\qquad F := 0.65$ $\qquad VAF := 0.35$ $\qquad G := 2.55$

$$N := \left(\frac{\frac{W}{R}}{3.162 + 0.017} \cdot \frac{F}{VAF} + 1\right) \cdot G \qquad N = 99.535$$

$(44.9 - 6.55 \cdot \log(22)) = 36.107$

$26.16 \cdot \log(825) = 76.294$

$\log(30) = 1.477$

$(1.1 \cdot \log(825) - 0.7) \cdot 1.1 = 2.759$ $\qquad 4.49 - 6.55 \cdot \log(22) = -4.303$

$1.56 \cdot \log(825) - 0.8 = 3.75$

$13.82 \cdot \log(22) = 18.552$

$10^{-6.128} = 7.447 \times 10^{-7}$

$69.55 + 76.294 - (2.759 - 3.75) - 18.552 - 5 = 123.283$

$PR := Pm - Lm + Gm - Lp - Lb + Gc - Lc$ $\qquad PR = 20.45$

Продолжение приложения А

$x5 := 5 \quad x6 := 6 \quad x7 := 7 \quad x8 := 8 \quad x9 := 9 \quad x10 := 10$

$D := 0$

$$M_{max} := \frac{128}{10^{\frac{\frac{E_b}{N_0}}{10}} \cdot 1.55 \cdot 0.4} \cdot \frac{1}{10^{\frac{M_{dB}}{10}}} \qquad \frac{128}{10^{\frac{x5}{10}} \cdot 1.55 \cdot 0.4} \cdot \frac{1}{e^{\frac{\ln(10) \cdot D}{10}}} = 65.286 \qquad \frac{128}{10^{\frac{x5}{10}} \cdot 1.55 \cdot 0.4} = 65.286$$

$M := 1, 2 .. 70$

$$R5(M) := 5.373 \cdot \left(1 - \frac{M}{\frac{128}{10^{\frac{x5}{10}} \cdot 1.55 \cdot 0.4} \cdot \frac{1}{10^{\frac{\ln(10) \cdot D}{10}}}}\right)^{0.276} \cdot \left(x5 \cdot 10^{\frac{D}{10}}\right)^{-0.276}$$

$$R6(M) := 5.373 \cdot \left(1 - \frac{M}{\frac{128}{10^{\frac{x6}{10}} \cdot 1.55 \cdot 0.4} \cdot \frac{1}{10^{\frac{\ln(10) \cdot D}{10}}}}\right)^{0.276} \cdot \left(x6 \cdot 10^{\frac{D}{10}}\right)^{-0.276}$$

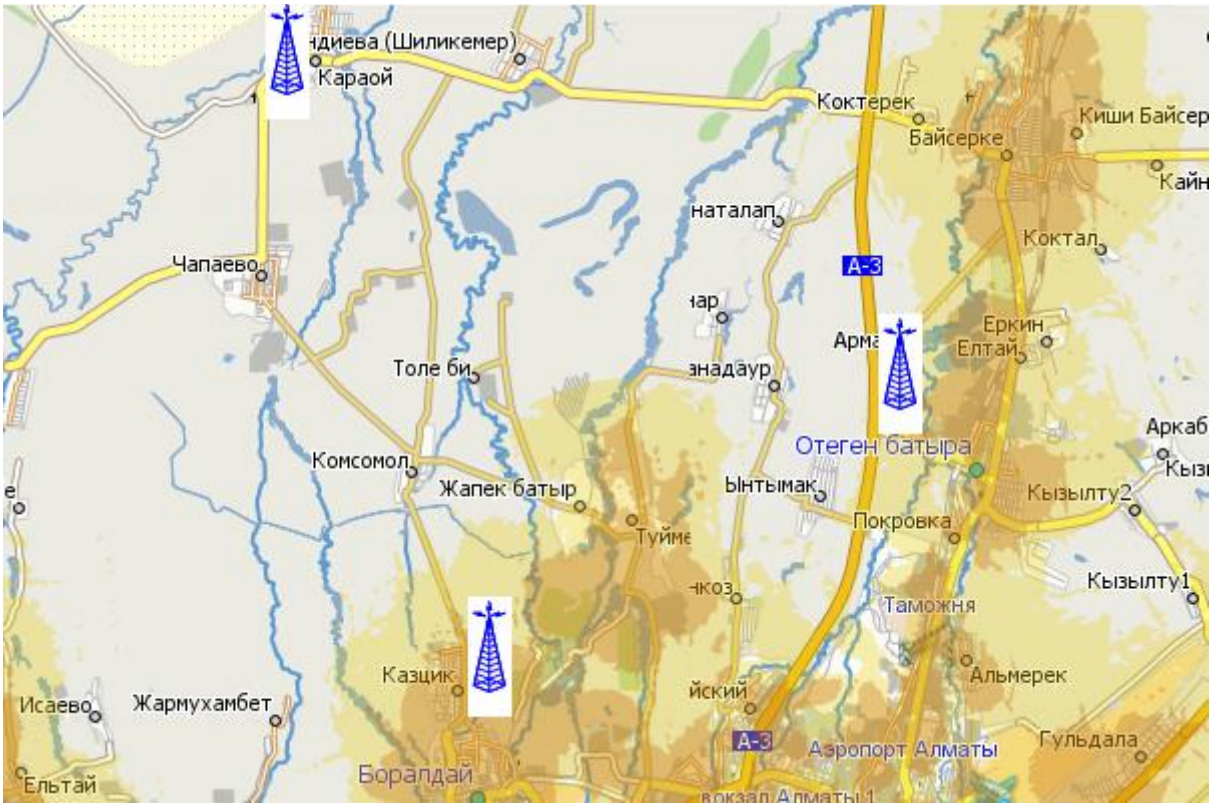
$$R7(M) := 5.373 \cdot \left(1 - \frac{M}{\frac{128}{10^{\frac{x7}{10}} \cdot 1.55 \cdot 0.4} \cdot \frac{1}{10^{\frac{\ln(10) \cdot D}{10}}}}\right)^{0.276} \cdot \left(x7 \cdot 10^{\frac{D}{10}}\right)^{-0.276}$$

$$R8(M) := 5.373 \cdot \left(1 - \frac{M}{\frac{128}{10^{\frac{x8}{10}} \cdot 1.55 \cdot 0.4} \cdot \frac{1}{10^{\frac{\ln(10) \cdot D}{10}}}}\right)^{0.276} \cdot \left(x8 \cdot 10^{\frac{D}{10}}\right)^{-0.276}$$

$$R9(M) := 5.373 \cdot \left(1 - \frac{M}{\frac{128}{10^{\frac{x9}{10}} \cdot 1.55 \cdot 0.4} \cdot \frac{1}{10^{\frac{\ln(10) \cdot D}{10}}}}\right)^{0.276} \cdot \left(x9 \cdot 10^{\frac{D}{10}}\right)^{-0.276}$$

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Карта Илийского района с нанесением базовых станций и зон покрытия



ПРИЛОЖЕНИЕ В

Перечень сокращений

AGC	Автоматическая регулировка усиления	ETSI	Европейский институт стандартизации по электросвязи – ЕТСИ
A/D	Аналого-цифровое	FREQ	Частота
AFC	Автоматическая подстройка частоты – АПЧ	HDB	Биполярный, высокой плотности
ALM	Авария	HIC	Гибридная микросхема
AMP	Усилитель	HYB	Гибридное устройство
ASC	Аналоговый служебный канал	IEC	Международная электротехническая комиссия – МЭК
ATT	Аттенюатор	I/O	Вход/выход или ввод/вывод
B/U	Биполярный/однополярный	IDU	Блок внутренней установки
BBE	Базовая ошибка в блоке	IF	Промежуточная частота
BBER	Коэффициент базовых ошибок в блоке	INTFC	Интерфейс
BER	Интенсивность побитовых ошибок	ITU	Международный союз электросвязи, МСЭ
BR	Ответвление, схема разветвления	ITU-R	Сектор радиосвязи МСЭ
COMP	Компаратор	ITU-T	Сектор телекоммуникаций МСЭ
CONT	Управление	LAN	Местная сеть, ЛВС
CONV	Преобразователь	LED	Светодиод
D/A	Цифро-аналоговое	LNA	Малошумящий усилитель, МШУ
DEM	Демодулятор	MAINT	Техническое обслуживание
DEMUX	Демультиплексор	MIC	СВЧ-микросхема
DET	Детектор	MIX	Смеситель
DIG	Цифровое	MMIC	Монолитная интегральная схема СВЧ
DPU	Блок цифрового процессора	MOD	Модулятор
DSC	Цифровой служебный канал	MPU	Блок микропроцессора

Продолжение приложения В

EMC	Электромагнитная совместимость – ЭМС	MPX	Мультиплексор
EQL	Корректор	MTBF	Среднее время наработки между отказами – СВМО
ES	Секунды с ошибками	NMS	Система управления сетью
ESR	Коэффициент секунд с ошибками		
ODU	Блок наружной установки	SC	Служебный канал
OPR	Эксплуатация (работа)	SEL	Селектор
OW	По всем направлениям	SES	Секунды с интенсивными ошибками
PABX	Учрежденческая (частная) АТС	SESR	Коэффициент с секундами интенсивных ошибок
PBX	Частная АТС	SMA	Субминиатюрный, Тип А
PC	Персональный компьютер	SNMP	Простой протокол управления сетью
PCM	Импульсно-кодовая модуляция – ИКМ	SV	Телесигнализация
PM CARD	Плата управления системой PASOLINK	SYNC	Синхронизация
ppm	Частей на миллион, промилле	UAS	Секунды недоступности
PS	Система электропитания	VF	Тональная частота – ТЧ
PSK	Фазовая манипуляция – ФМн	WS	Боковая дорожка
PWR	Электропитание		
QPSK	Квадратурная фазовая манипуляция – КФМн		
RF	Радиочастотный		
RX	Приемник		