МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество
АЛМАТИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ

кафедра телекоммуникационных систем

«Допущен к защите»
Заведующий кафедрой _____
_____
(Ф.И.О., ученая степень, звание)
_____ «_____»_____ **20__ г.**
(подпись)

ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

На тему: Проектирование многоканальной телекоммуникационной сети в г. Хромтау

Специальность _____

Выполнил (а) Багдаулин С.Б. МТС-10-04
(Фамилия и инициалы) группа

Научный руководитель _____
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)

Консультанты:
по экономической части:
_____
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
_____ «_____»_____20___г.
(подпись)

по безопасности жизнедеятельности:
_____
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
_____ «09» апреля 2014 г.
(подпись)

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

_____
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
_____ «_____»_____20___г.
(подпись)

Нормоконтролер: ст. преп. ТКС Кондратович А.П.
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
_____ «09» 06 2014 г.
(подпись)

Рецензент: _____
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
_____ «_____»_____20___г.
(подпись)

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество

АЛМАТИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ

Факультет радиотехники, электроники и телекоммуникации
Специальность 5В071900 - Радиотехника, электроника и телекоммуникации
Кафедра телекоммуникационных систем

ЗАДАНИЕ

на выполнение дипломного проекта

Студент Байгали С. Б.
(фамилия, имя, отчество)

Тема проекта Проектирование многопанельной телекоммуникационной сети в г. Хромтау

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
г. Хромтау (25000 человек)

Перечень подлежащих разработке дипломного проекта вопросов или краткое содержание дипломного проекта:
Расчет зоны покрытия базовой станции, качественных показателей, критических и оптимальных размеров сот с учетом НРП. Оценка требуемого числа каналов и вероятности потери вызова. Расчет потери вызова, параметров числа каналов и вероятности потери вызова. Расчет параметров резервного электропитания основного электрооборудования, базовой станции в программном виде

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)

Рисунок 1.1. Цифровые технологии, Рисунок 1.2. схема распределения частотных под диапазонов по ячейкам сотовой сети а) для FDMA, б) для TDMA, в) для CDMA
Рисунок 4.1. Кривые распространения радиоволн над поверхностью земли в городской зоне
Рисунок 4.2 Определение поправки учитывающей рельеф местности Рисунок 4.4. Номограмма для определения K_2 Рисунок 4.5. Расчетные значения защитных отношений на поперечных улицах. Рисунок 4.9. состояние системы
Рисунок 4.10. График изменения максимальных значений эксцесса
Рисунок 4.11 Окно программы Рисунок 5.2 Схема приемника. Рисунок 5.3 Зона защиты

Рекомендуемая основная литература

Кенисьбеков Б.Н., Мошкин В.Ф., Хан В.А.

Консультанты по проекту с указанием относящихся к ним разделов

Раздел	Консультант	Сроки	Подпись
Вып. техника	Артохин А.В.	12.05-10.06.14	
Экон.	Дюсебаев М.К.	19.03-09.06.14	

Г Р А Ф И К
подготовки дипломного проекта

№ п/п	Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления руководителю	Примечание
1	Анализ сетей беспроводного доступа	27.01.14	
2	Выбор оборудования	4.02.14	
3	Структурные элементы сети	15.02.14	
4	Краткое описание оборудования	24.02.14	
5	Расчет зоны покрытия базовой станции	5.03.14	
6	Расчет количественных показателей	26.03.14	
7	Оценка требуемого числа каналов	09.04.14	
8	Расчет параметров резервного электропитания	15.04.14	
9)	Расчет параметров в программном виде	02.05.14	
10	Расчет молниезащиты	6.05.14	
11	Расчет системы вентиляции	14.05.14	
12	Анализ условий труда	27.05.14	

Дата выдачи задания «____»_____20___ г.

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

Руководитель _____ Кондратович А.П.
(подпись) (Фамилия и инициалы)

Задание принял к исполнению
студент _____ Байгозин С.Б.
(подпись) (Фамилия и инициалы)

Аңдатпа

Берілген дипломдық жобаның тақырыбы: «Хромтау қаласына көп арналы телекоммуникациялық жүйесін жобалау». Дипломдық жобада жабын аумағы және жүйе жүктемесі есептелді. Жер бедерін және басқа да кедергілерді ескере отырып қала жүйесінің бір базаға түсетін жүктеме көлемі есептелді.

Экономикалық бөлімде кіріс қаражаты және эксплуатациялық шығындар есептелді.

Өмір қауіпсіздігі бөлімінде жарықтандыру көрсеткіштерінің есебі өткізілді және кабельмен жұмыс істегенде қауіпсіздік шаралары көрсетілді.

Аннотация

Темой данного проекта является: «Проектирование многоканальной телекоммуникационной сети в г. Хромтау». В дипломном проекте был произведен расчет зоны покрытия и нагрузки на сеть. Рассчитали нагрузку на одну базовую станцию, согласно которой была спроектирована сеть для всего города с учетом рельефа и других видимых препятствий.

В экономическом разделе рассчитаны капитальные вложения и эксплуатационные расходы.

В разделе безопасности жизнедеятельности произведен расчет кондиционирования и молниезащиты.

Annotation

The theme of the graduation project is “Design of multichannel telecommunication network in Chromtay city.” In this project work were calculated: coverage are and network load. Also was calculated load on the one base station, according to this calculation was designed the network of the city based on topography and other visible obstracles.

In the economic section calculated capital investment and operating star.

In the safety of life calculated conditioning and lightning protection.

Содержание

1 Анализ сетей беспроводного доступа.....9
1.1 Обзор современных технологий беспроводного доступа.....9
1.2 Основные принципы технологии доступа CDMA.....12
1.3 Основные принципы технологии доступа GSM**Ошибка! Закладка не определена.**
1.5 Обоснование выбора технологии доступа....**Ошибка! Закладка не определена.**
2 Основные структурные элементы сети GSM..**Ошибка! Закладка не определена.**
2.1 Система коммутации .....**Ошибка! Закладка не определена.**
2.2 Подсистема базовых станций .....**Ошибка! Закладка не определена.**
2.3 Внутренние интерфейсы GSM.....**Ошибка! Закладка не определена.**
3 Выбор оборудования для базовой станции.....**Ошибка! Закладка не определена.**
3.1 Краткое описание базовых станций производителей**Ошибка! Закладка не определе**
3.2 Обоснование выбора основного оборудования**Ошибка! Закладка не определена.**
3.2.1 Базовая станция Huawei DBS3900 .....**Ошибка! Закладка не определена.**
3.2.2 Контроллер базовых станций BSC 6000 ....**Ошибка! Закладка не определена.**
3.3 Технические характеристики выбранного оборудования**Ошибка! Закладка не опре**
4 Расчетная часть .....**Ошибка! Закладка не определена.**
4.1 Расчет зоны покрытия базовой станции .....**Ошибка! Закладка не определена.**
4.2 Расчет качественных показателей .....**Ошибка! Закладка не определена.**
4.3 Расчет критических и оптимальных размеров сот с учетом НРП**Ошибка! Закладка**
4.4 Оценка требуемого числа каналов и вероятности потери вызова**Ошибка! Закладка**
4.5 Расчет параметров резервного электропитания основного электрооборудования.....**Ошибка! Закладка не определена.**
4.6 Расчёт параметров базовой станции в программном виде**Ошибка! Закладка не опре**
5 Безопасность жизнедеятельности .....**Ошибка! Закладка не определена.**
5.1 Анализ условий труда на предприятии.....**Ошибка! Закладка не определена.**
5.1.1 Краткая характеристика помещения .....**Ошибка! Закладка не определена.**
5.1.2 Характеристика условий труда инженера..**Ошибка! Закладка не определена.**
5.1.3 Пожарная безопасность помещения базовой станции**Ошибка! Закладка не определена.**
5.1.4 Назначение молниезащиты.....**Ошибка! Закладка не определена.**
5.2 Технические решения обеспечения безопасности жизнедеятельности**Ошибка! Заклад**
5.2.1 Расчет кондиционирования .....**Ошибка! Закладка не определена.**
5.2.2 Расчет молниезащиты .....**Ошибка! Закладка не определена.**
6 Бизнес-план 61
6.1 Описание проекта.....**Ошибка! Закладка не определена.**
6.2 Цель проекта .....**Ошибка! Закладка не определена.**
6.3 Маркетинг.....**Ошибка! Закладка не определена.**2
6.4 Услуги.....**Ошибка! Закладка не определена.**
6.5 Расчёт технико-экономических показателей**Ошибка! Закладка не определена.**3

6.5.1 Расчёт капитальных затрат на приобретение оборудования и ввода его в эксплуатацию .....**Ошибка! Закладка не определена.**
6.5.2 Расчет эксплуатационных расходов .....**Ошибка! Закладка не определена.**
6.5.3 Оценка доходов.....**Ошибка! Закладка не определена.**
6.6 Расчет срока окупаемости и абсолютного экономического эффекта**Ошибка! Заклад**
Заключение .....**Ошибка! Закладка не определена.**2
Список литературы .....**Ошибка! Закладка не определена.**3
Приложение А .....**Ошибка! Закладка не определена.**
Приложение Б.....**Ошибка! Закладка не определена.**
Приложение В .....**Ошибка! Закладка не определена.**

Введение

В настоящее время в Казахстане, как и во всем мире наблюдается информационный бум и объем информации, передаваемой по сотовым сетям сильно возрастает и, поэтому, возникает необходимость в расширении оборудования, которое обеспечивало быстрое и качественное соединение абонентов и соответствовало бы современным стандартам на коммутацию цифровых каналов передачи.

С одной стороны, рекомендации GSM составляются так, чтобы предоставить производителям максимальную свободу в развитии системы, а, с другой, – гарантировать корректное взаимодействие между различными компонентами системы. Это достигается предоставлением описаний интерфейсов и функций каждой функциональной сущности, определенной в системе.

В данный момент на территории города Хромтау расположены сети сотовых операторов.

1 Анализ сетей беспроводного доступа

1.1 Обзор современных технологий беспроводного доступа

Любая сотовая сеть строится по достаточно простому принципу: центр управления - базовые станции - абонентские терминалы. Естественно, что каждый оператор сотовой связи стремится к максимальному наполнению своей сети абонентами. Отсюда возникает проблема обеспечения множественного доступа (multiple access) к базовой станции, для чего ее общий ресурс, а, попросту говоря, лицензированный диапазон частот, делится на определенное количество "каналов", к которым и получают доступ пользователи. Естественно, что в одно и то же время один канал может использоваться только одним абонентом.

Цифровая радиосвязь характеризуется возможностью многостанционного доступа или мультидоступа, что подразумевает одновременную передачу информации через одно устройство многими пользователями в общем канале. При этом разделение общего канала может производиться по частоте (FDMA), времени (TDMA) и коду (CDMA) [11][12], что можно проиллюстрировать так, как это приведено на рисунке 1.1

Недостатки аналоговых систем сейчас очевидны: плохая помехозащищенность и связанное с ней невысокое качество передачи речи, неэффективное использование дефицитного радиоспектра, отсутствие защиты от прослушивания и т.д. Следует также сказать, что пик своего развития аналоговые системы прошли в 1993 году, после которого наблюдается устойчивое снижение числа их абонентов. Самым же распространенным аналоговым стандартом в мире был и пока остается AMPS.

Два других метода используются при цифровой технологии и, как правило, в комбинации с частотным разделением.

В случае мультидоступа с временным разделением каналов многочисленные абоненты передают свои сообщения на одной и той же радиочастоте, но в разное время, что позволяет увеличить объем речевого трафика и получить ряд других преимуществ, характерных для цифровых систем связи. На этом методе основаны такие узкополосные цифровые стандарты сотовой связи, как GSM и его разновидность DCS, а также D-AMPS, который стал логическим продолжением стандарта AMPS.

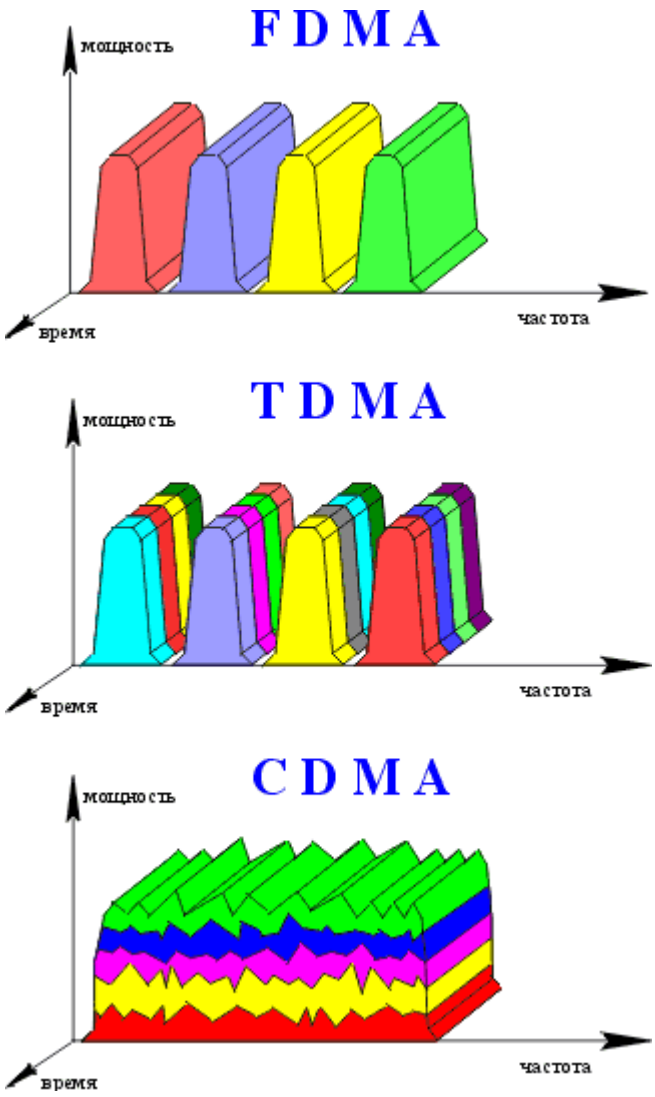


Рисунок 1.1 - Цифровые технологии

Общеизвестно, что узкополосные системы имеют ряд недостатков. Например, они подвержены федингу и не всегда обеспечивают высокое качество в условиях многолучевого приема, когда из-за сложного рельефа местности или интенсивной городской застройки возникают многочисленные переотражения радиосигнала (согласитесь, что в условиях города - это весьма обычная вещь). Поэтому обеспечение высокого качества в условиях многолучевого приема вынуждает разработчиков оборудования изощряться для выбора наилучшего радиосигнала.

Узкополосные сотовые системы, как цифровые, так и аналоговые, требуют часто огромных усилий, затрачиваемых на радиочастотное планирование с целью исключения наличия одних и тех же радиочастот в соседних ячейках. Поэтому во многих системах качество обслуживания вызовов понижается по мере того, как растет число абонентов. Ведь это требует уменьшения размеров ячеек, что крайне затруднительно (и возможно только до некоторых пределов) при ограниченном числе радиочастот, а также

при высоких пороговых отношениях сигнал/шум, которыми характеризуются прежде всего аналоговые системы (свыше 15 дБ). В системе GSM это отношение составляет 9 дБ. Все эти проблемы дополнительно усложняются при дефиците выделенных для таких систем частот, что, кстати, повсеместно имеет место в России и удорожает инфраструктуру развернутых там сетей стандартов NMT, AMPS и GSM.

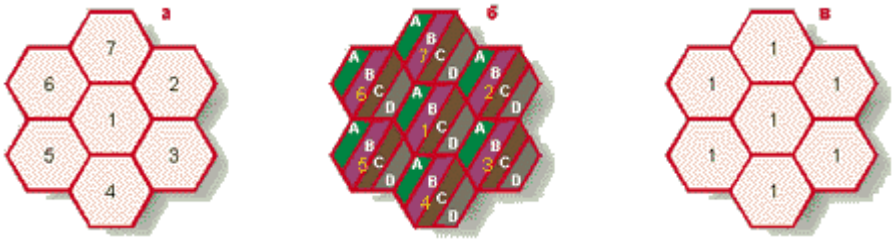


Рисунок 1.2 - Схема распределения частотных поддиапазонов по ячейкам сотовой сети: а) для FDMA, б) для TDMA, в) для CDMA

Исторически первыми появились методы множественного доступа, основанные на способах разделения каналов по частоте - FDMA (Frequency Division Multiple Access). В этом случае каждый канал занимает строго определенную полосу частот в закрепленной за сотой частотном диапазоне, и какое-либо совместное использование одной полосы частот несколькими абонентами исключено. В настоящее время реально используются следующие стандарты FDMA: AMPS (Advanced Mobile Phone Service, ширина канала 30 кГц) - именно в этом стандарте работала сотовая сеть ALTEL, NAMPS (Narrowband AMPS, ширина канала 10 кГц) и TACS (Total Access Communications System, ширина канала 25 кГц). Отметим, что все эти стандарты основаны на передаче аналогового сигнала.

Общий диапазон частот, отведенный для конкретной сотовой сети, достаточно разделить на семь, чтобы обеспечить "разнесение" по частотам соседних ячеек сети (рисунок 1.2). Таким образом, можно повторно использовать одни и те же частоты в неграничащих друг с другом сотах, а, значит, практически неограниченно расширять сеть даже в условиях ограниченного диапазон частот.

Из рис. 1.2 хорошо видно, что большей, по сравнению с FDMA, емкости сети можно достичь с помощью одного из многочисленных методов множественного доступа с временным разделением каналов (Time Division Multiple Access, TDMA). В TDMA используется особенность работы базовой станции, заключающаяся в том, что, работая на определенной частоте, базовая станция какую-то часть времени работает на одного абонента, какую-то - на другого, и так далее. Перерывы связи между этими временными интервалами (time slot) достаточно малы, чтобы не восприниматься человеческим ухом, однако достаточны велики, чтобы обеспечивать возможность одновременной работы нескольких абонентов в одной полосе частот. Понятно, что под

"каналами" в TDMA понимаются уже не эти полосы частот, а временные интервалы, в которых и передается в оцифрованном и сжатом виде информация. В GSM (восемь временных слотов при несущем диапазоне 200 кГц) как один многочисленных стандартов TDMA. Другими примерами TDMA являются стандарты IS-54 (частотные каналы AMPS шириной 30 кГц делятся на три временных слота) и PDC (каналы TACS на 25 кГц по три слота в каждом).

В отличие от FDMA и TDMA, где энергия сигнала концентрируется на выбранных частотах или временных интервалах, сигналы CDMA распределены в непрерывном частотно-временном пространстве. Таким образом, фактически метод манипулирует и частотой, и временем, и энергией (рисунок 1.1).

Основная идея CDMA заключается в том, что в одной и той же полосе частот подбирается комбинация сигналов, свободных в точке приема от взаимных влияний друг на друга. Исходный сигнал от абонента смешивается с одним из этой комбинации (образно говоря, помечается "кодом") - в итоге формируется и передается через канал широкополосный сигнал с распределенной энергией. Ясно, что принять информацию можно, только зная последовательность, на которую был перемножен полезный сигнал при передаче, - в противном случае он будет выглядеть как шум (отсюда и название - шумоподобный сигнал). Отсюда следует, что сигналы от двух абонентов, находящихся в зоне действия одной базовой станции и работающих на общей частоте (1,25 Мгц), но с разными кодирующими последовательностями, практически не создают помех друг для друга.

Понятно, что у каждого из вышеперечисленных методов своя история развития и свои отличительные признаки.

Рассмотрим некоторые технологии организации сети.

1.2 Основные принципы технологии доступа CDMA

С целью преодоления приведенных недостатков пришлось обратиться к принципиально другим цифровым системам, выполненным по технологии многостанционного доступа с кодовым разделением каналов (МДКР) или, как его называют во всем мире, CDMA (Code Division Multiple Access), которые используют шумоподобные сигналы с расширенным спектром.

Сам принцип CDMA заключается в расширении спектра исходного информационного сигнала (в нашем случае речевого), которое может производиться двумя различными методами, которые называются следующим образом: "скачки по частоте" и "прямая последовательность" [14].

Так называемые "скачки по частоте" (или FH - Frequency Hopping) реализуются следующим образом: несущая частота в передатчике постоянно меняет свое значение в некоторых заданных пределах по псевдослучайному закону (коду), индивидуальному для каждого разговорного канала, через

сравнительно небольшие интервалы времени. Приемник системы ведет себя аналогично, изменяя частоту гетеродина по точно такому же алгоритму, обеспечивая выделение и дальнейшую обработку только нужного канала. С помощью FH сейчас производятся попытки улучшения технических характеристик узкополосных цифровых систем сотовой связи, в частности, GSM.

Второй метод "прямой последовательности" (или DS - Direct Sequence), который основан на использовании шумоподобных сигналах и применяется в большинстве работающих и перспективных системах CDMA. Он предусматривает модуляцию информационного сигнала каждого абонента единственным и уникальным в своем роде псевдослучайным шумоподобным сигналом (он-то и является в данном случае кодом), который и расширяет спектр исходного информационного сигнала. Тут сразу следует отметить, что число вариантов таких кодов достигает нескольких миллиардов, что позволило бы создать персональную связь в масштабах нашей планеты. В результате проведения описываемого процесса узкополосный информационный сигнал каждого пользователя расширяется во всю ширину частотного спектра, выделенного для пользователей сети (база сигнала при этом становится много больше 1). В приемнике сигнал восстанавливается с помощью идентичного кода, в результате чего восстанавливается исходный информационный сигнал. В то же самое время сигналы остальных пользователей для данного приемника продолжают оставаться расширенными и воспринимаются им лишь как "белый шум", который является наиболее "мягкой" помехой, в наименьшей степени мешающей нормальной работе приемника.

1.3 Основные принципы технологии доступа GSM

Сейчас GSM используют около 68 процентов от общего числа абонентов в мире. Аналитики предсказывают, что в ближайшие годы, несмотря на быстрое развитие 3G-сетей, эта цифра не изменится.

В самом начале 80-х годов сотовая связь начала входить в дома европейских и американских богачей. Операторы в среднем получали около 10–50 тысяч долларов с одного абонента в месяц. Связь строилась исключительно на базе аналоговой передачи данных, а о цифровых технологиях, в силу их дороговизны, даже не говорили. Только некоторые операторы могли похвастаться настоящей сотовой, а не простой радиосвязью. О роуминге, разумеется, даже говорить не приходилось. Операторы работали не только на разных частотах, которые предоставляло им местное правительство, но и по-разному модулировали сигнал. Зачастую мобильный телефон выпускался строго под опредёленную сеть.

В стандарте GSM используется узкополосный многостанционный доступ с временным разделением каналов (NB TDMA). В структуре TDMA кадра

содержится 8 временных позиций на каждой из 124 несущих. Для защиты от ошибок в радиоканалах при передаче информационных сообщений применяется блочное и сверточное кодирование с перемежением. Повышение эффективности кодирования и перемежения при малой скорости перемещения подвижных станций достигается медленным переключением рабочих частот (SFH) в процессе сеанса связи со скоростью 217 скачков в секунду. Для борьбы с интерференционными замираниями принимаемых сигналов, вызванными многолучевым распространением радиоволн в условиях города, в аппаратуре связи используются эквалайзеры, обеспечивающие выравнивание импульсных сигналов со среднеквадратическим отклонением времени задержки до 16 мкс.

Система синхронизации рассчитана на компенсацию абсолютного времени задержки сигналов до 233 мкс, что соответствует максимальной дальности связи или максимальному радиусу ячейки (соты) 35 км. В стандарте GSM выбрана Гауссовская частотная манипуляция с минимальным частотным сдвигом (GMSK). Обработка речи осуществляется в рамках принятой системы прерывистой передачи речи (DTX), которая обеспечивает включение передатчика только при наличии речевого сигнала и отключение передатчика в паузах и в конце разговора. В качестве речепреобразующего устройства выбран речевой кодек с регулярным импульсным возбуждением, долговременным предсказанием и линейным предикативным кодированием с предсказанием (RPE/LTR-LTP-кодек). Общая скорость преобразования речевого сигнала — 13 кбит/с. В стандарте GSM высокая степень безопасности передачи сообщений осуществляется шифрованием сообщений по алгоритму шифрования с открытым ключом (RSA).

В целом система связи, действующая в стандарте GSM, рассчитана на ее использование в различных сферах. Она предоставляет пользователям широкий диапазон услуг и возможность применять разнообразное оборудование для передачи речевых сообщений и данных, вызывных и аварийных сигналов; подключаться к телефонным сетям общего пользования (PSTN), сетям передачи данных (PDN) и цифровым сетям с интеграцией служб (ISDN).

Основные характеристики стандарта GSM:

- Частоты передачи подвижной станции приема базовой станции, МГц — 890 – 915.
- Частоты приема подвижной станции и передачи базовой станции, МГц — 935 – 960.
- Дуплексный разнос частот приема и передачи, МГц — 45.
- Скорость передачи сообщений в радиоканале, кбит/с — 270, 833.
- Скорость преобразования речевого кодека, кбит/с — 13.
- Ширина полосы канала связи, кГц — 200.
- Максимальное количество каналов связи — 124.

- Максимальное количество каналов, организуемых в базовой станции — 16 – 20.
- Вид модуляции — GMSK.
- Индекс модуляции — BT 0,3
- Ширина полосы предмодуляционного гауссовского фильтра, кГц — 81,2.
- Количество скачков по частоте в секунду — 217.
- Временное разнесение в интервалах TDMA кадра (передача/прием) для подвижной станции — 2.
- Вид речевого кодека — RPE/LTP.
- Максимальный радиус соты, км — до 35.
- Схема организации каналов комбинированная — TDMA/FDMA.

Сегодня GSM-сети охватывают практически все густонаселённые районы земного шара. Стандарт успешно развивается, однако можно смело говорить о том, что эволюционный процесс в сети ещё не закончен. Разработчики заложили слишком много лазеек для роста GSM при его развитии. На данный момент сеть имеет определённый потенциал развития по абонентской базе, конкурентоспособности и предоставлению новых услуг.

1.4 Обоснование выбора технологии доступа

В сравнении с аналоговыми стандартами GSM имеет целый ряд преимуществ. Основные из них – применение маломощных передатчиков в абонентских аппаратах и в базовых станциях. Это удешевляет саму аппаратуру, но не сказывается на качестве связи. Кроме того, передача информации в цифровом виде позволяет легко обеспечить высокую степень конфиденциальности переговоров.

В стандарте CDMA есть много преимуществ, но распространенность его в странах СНГ достаточно низкая, вследствие этого большинство абонентов подвижной связи это абоненты стандарта GSM.Телефоны стандарта CDMA по качеству еще сильно уступают своим аналогам в стандарте GSM.

Преимущества GSM перед другими системами:

Всеобщая мобильность: Абоненту имеет возможность использовать все преимущества пан–европейской системы (Pan–European System), позволяющей ему звонить откуда угодно и куда угодно (в рамках областей, находящихся в сфере услуг сотовых GSM сетей), используя один и тот же телефонный номер, даже находясь вне области проживания. Его собеседник не обязан быть информирован о местонахождении абонента, поскольку сама сеть GSM отвечает за корректное нахождение абонента. С помощью своей персональной карточки абонент может использовать и другие мобильные средства связи (например, телефон в арендованной машине), даже во время путешествий за пределы своего места проживания.

Услуги: Список услуг, предоставляемых абонентам GSM: разговор, факсимильные услуги, голосовую почту, передачу коротких сообщений, передачу данных и дополнительные услуги, такие как, например, переадресация вызова.

Таким образом, был выбран стандарт GSM сотовой связи, как наиболее развитый на сегодняшний день. Выбрана модификация GSM 1800, так как развертывание предполагается в центре Алматы, где концентрация абонентов велика. Базовая станция будет работать совместно с существующей сетью стандарта GSM900.

2. Основные структурные элементы сети GSM

Функциональное построение и интерфейсы, принятые в стандарте GSM, иллюстрируются структурной схемой в приложении А, на которой MSC (Mobile Switching Centre) — центр коммутации подвижной связи; BSS (Base Station System) — оборудование базовой станции; OMC (Operations and Maintenance Centre) — центр управления и обслуживания; MS (Mobile Stations) — подвижные станции. Функциональное сопряжение элементов системы осуществляется рядом интерфейсов. Все функциональные сетевые компоненты в стандарте GSM взаимодействуют в соответствии с системой сигнализации МККТТ SS N 7 (CCITT SS. № 7).

2.1 Система коммутации

Центр коммутации подвижной связи обслуживает группу сот и обеспечивает все виды соединений, в которых нуждается в процессе работы подвижная станция. MSC аналогичен ISDN коммутационной станции и представляет собой интерфейс между фиксированными сетями (PSTN, PDN, ISDN и т.д.) и сетью подвижной связи. Он обеспечивает маршрутизацию вызовов и функции управления вызовами. Кроме выполнения функций обычной ISDN коммутационной станции, на MSC возлагаются функции коммутации радиоканалов. К ним относятся "эстафетная передача", в процессе которой достигается непрерывность связи при перемещении подвижной станции из соты в соту, и переключение рабочих каналов в соте при появлении помех или неисправностях.

Каждый MSC обеспечивает обслуживание подвижных абонентов, расположенных в пределах определенной географической зоны (например, Москва и область). MSC управляет процедурами установления вызова и маршрутизации. Для телефонной сети общего пользования (PSTN) MSC обеспечивает функции сигнализации по протоколу SS № 7, передачи вызова или другие виды интерфейсов в соответствии с требованиями конкретного проекта. MSC формирует данные, необходимые для выписки счетов за предоставленные сетью услуги связи, накапливает данные по состоявшимся разговорам и передает их в центр расчетов (биллинг-центр). MSC составляет также статистические данные, необходимые для контроля работы и оптимизации сети. MSC поддерживает также процедуры безопасности, применяемые для управления доступами к радиоканалам.

MSC не только участвует в управлении вызовами, но также управляет процедурами регистрации местоположения и передачи управления, кроме передачи управления в подсистеме базовых станций (BSS). Регистрация местоположения подвижных станций необходима для обеспечения доставки вызова перемещающимся подвижным абонентам от абонентов телефонной

сети общего пользования или других подвижных абонентов. Процедура передачи вызова позволяет сохранять соединения и обеспечивать ведение разговора, когда подвижная станция перемещается из одной зоны обслуживания в другую. Передача вызовов в сотах, управляемых одним контроллером базовых станций (BSC), осуществляется этим BSC. Когда передача вызовов осуществляется между двумя сетями, управляемыми разными BSC, то первичное управление осуществляется в MSC. В стандарте GSM также предусмотрены процедуры передачи вызова между сетями (контроллерами), относящимися к разным MSC. Центр коммутации осуществляет постоянное слежение за подвижными станциями, используя регистры положения (HLR) и перемещения (VLR). В HLR хранится та часть информации о местоположении какой-либо подвижной станции, которая позволяет центру коммутации доставить вызов станции. Регистр HLR содержит международный идентификационный номер подвижного абонента (IMSI). Он используется для опознавания подвижной станции в центре аутентификации (AUC).

Практически HLR представляет собой справочную базу данных о постоянно прописанных в сети абонентах. В ней содержатся опознавательные номера и адреса, а также параметры подлинности абонентов, состав услуг связи, специальная информация о маршрутизации. Ведется регистрация данных о роуминге абонента, включая данные о временном идентификационном номере подвижного абонента (TMSI) и соответствующем VLR.

К данным, содержащимся в HLR, имеют дистанционный доступ все MSC и VLR сети и, если в сети имеются несколько HLR, в базе данных содержится только одна запись об абоненте, поэтому каждый HLR представляет собой определенную часть общей базы данных сети об абонентах. Доступ к базе данных об абонентах осуществляется по номеру IMSI или MSISDN (номеру подвижного абонента в сети ISDN). К базе данных могут получить доступ MSC или VLR, относящиеся к другим сетям, в рамках обеспечения межсетевого роуминга абонентов.

Второе основное устройство, обеспечивающее контроль за передвижением подвижной станции из зоны в зону, — регистр перемещения VLR. С его помощью достигается функционирование подвижной станции за пределами зоны, контролируемой HLR. Когда в процессе перемещения подвижная станция переходит из зоны действия одного контроллера базовой станции BSC, объединяющего группу базовых станций, в зону действия другого BSC, она регистрируется новым BSC, и в VLR заносится информация о номере области связи, которая обеспечит доставку вызовов.

Для сохранности данных, находящихся в HLR и VLR, в случае сбоев предусмотрена защита устройств памяти этих регистров. VLR содержит такие же данные, как и HLR, однако эти данные содержатся в VLR только до тех пор, пока абонент находится в зоне, контролируемой VLR.

ОМС — центр эксплуатации и технического обслуживания, является центральным элементом сети GSM, который обеспечивает контроль и управление другими компонентами сети и контроль качества ее работы. ОМС соединяется с другими компонентами сети GSM по каналам пакетной передачи протокола X. 25. ОМС обеспечивает функции обработки аварийных сигналов, предназначенных для оповещения обслуживающего персонала, и регистрирует сведения об аварийных ситуациях в других компонентах сети. В зависимости от характера неисправности ОМС позволяет обеспечить ее устранение автоматически или при активном вмешательстве персонала. ОМС может обеспечить проверку состояния оборудования сети и прохождения вызова подвижной станции. ОМС позволяет производить управление нагрузкой в сети. Функция эффективного управления включает сбор статистических данных о нагрузке от компонентов сети GSM, записи их в дисковые файлы и вывод на дисплей для визуального анализа. ОМС обеспечивает управление изменениями программного обеспечения и базами данных о конфигурации элементов сети. Загрузка программного обеспечения в память может производиться из ОМС в другие элементы сети или из них в ОМС.

NMC — центр управления сетью, позволяет обеспечивать рациональное иерархическое управление сетью GSM. Он обеспечивает эксплуатацию и техническое обслуживание на уровне всей сети, поддерживаемой центрами ОМС, которые отвечают за управление региональными сетями. NMC обеспечивает управление трафиком во всей сети и обеспечивает диспетчерское управление сетью при сложных аварийных ситуациях, как, например, выход из строя или перегрузка узлов. Кроме того, он контролирует состояние устройств автоматического управления, задействованных в оборудовании сети, и отражает на дисплее состояние сети для операторов NMC. Это позволяет операторам контролировать региональные проблемы и, при необходимости, оказывать помощь ОМС, ответственному за конкретный регион. Таким образом, персонал NMC знает состояние всей сети и может дать указание персоналу ОМС изменить стратегию решения региональной проблемы.

2.2 Подсистеме базовых станций

BSS — оборудование базовой станции, состоит из контроллера базовой станции (BSC) и приемо-передающих базовых станций (BTS). Контроллер базовой станции может управлять несколькими приемо-передающими блоками. BSS управляет распределением радиоканалов, контролирует соединения, регулирует их очередность, обеспечивает режим работы с прыгающей частотой, модуляцию и демодуляцию сигналов, кодирование и декодирование сообщений, кодирование речи, адаптацию скорости передачи

для речи, данных и вызова, определяет очередность передачи сообщений персонального вызова.

BSS совместно с MSC, HLR, VLR выполняет некоторые функции, например: освобождение канала, главным образом, под контролем MSC, но MSC может запросить базовую станцию обеспечить освобождение канала, если вызов не проходит из-за радиопомех. BSS и MSC совместно осуществляют приоритетную передачу информации для некоторых категорий подвижных станций.

TCE — транскодер, обеспечивает преобразование выходных сигналов канала передачи речи и данных MSC (64 кбит/с ИКМ) к виду, соответствующему рекомендациям GSM по радиоинтерфейсу (Рек. GSM 04.08). В соответствии с этими требованиями скорость передачи речи, представленной в цифровой форме, составляет 13 кбит/с. Этот канал передачи цифровых речевых сигналов называется "полноскоростным". Стандартом предусматривается в перспективе использование полускоростного речевого канала (скорость передачи 6,5 кбит/с). Снижение скорости передачи обеспечивается применением специального речепреобразующего устройства, использующего линейное предикативное кодирование (LPC), долговременное предсказание (LTP), остаточное импульсное возбуждение (RPE — иногда называется RELP). Транскодер обычно располагается вместе с MSC. Тогда передача цифровых сообщений в направлении к контроллеру базовых станций BSC ведется с добавлением к потоку (со скоростью передачи 13 Кбит/с) дополнительных битов (стафингование) до скорости передачи данных 16 кбит/с. Затем осуществляется уплотнение с кратностью 4 в стандартный канал 64 кбит/с. Так формируется определенная Рекомендациями GSM 30-канальная ИКМ линия, обеспечивающая передачу 120 речевых каналов. Шестнадцатый канал (64 кбит/с), "временное окно" выделяется отдельно для передачи информации сигнализации и часто содержит трафик SS N7 или LAPD. В другом канале (64 кбит/с) могут передаваться также пакеты данных, согласующиеся с протоколом X.25 МККТТ. Таким образом, результирующая скорость передачи по указанному интерфейсу составляет 30x64 кбит/с + 64 кбит/с + 64 кбит/с = 2048 кбит/с.

2.3 Внутренние интерфейсы GSM

Интерфейс между MSC и BSS (А-интерфейс) обеспечивает передачу сообщений для управления BSS, передачи вызова, управления передвижением. А-интерфейс объединяет каналы связи и линии сигнализации. Последние используют протокол SS N7 МККТТ. Полная спецификация А-интерфейса соответствует требованиям серии 08 Рекомендаций ETSI/GSM.

Интерфейс между MSC и HLR совмещен с VLR (B-интерфейс). Когда MSC необходимо определить местоположение подвижной станции, он обращается к VLR. Если подвижная станция инициирует процедуру местоопределения с MSC, он информирует свой VLR, который заносит всю изменяющуюся информацию в свои регистры. Эта процедура происходит всегда, когда MS переходит из одной области местоопределения в другую. В случае если абонент запрашивает специальные дополнительные услуги или изменяет некоторые свои данные, MSC также информирует VLR, который регистрирует изменения и при необходимости сообщает о них HLR.

Интерфейс между MSC и HLR(C-интерфейс) используется для обеспечения взаимодействия между MSC и HLR. MSC может послать указание (сообщение) HLR в конце сеанса связи для того, чтобы абонент мог оплатить разговор. Когда сеть фиксированной телефонной связи не способна исполнить процедуру установления вызова подвижного абонента, MSC может запросить HLR с целью определения местоположения абонента для того, чтобы послать вызов MS.

Интерфейс между HLR и VLR (D-интерфейс) используется для расширения обмена данными о положении подвижной станции, управления процессом связи. Основные услуги, предоставляемые подвижному абоненту, заключаются в возможности передавать или принимать сообщения независимо от местоположения. Для этого HLR должен пополнять свои данные. VLR сообщает HLR о положении MS, управляя ею и переприсваивая ей номера в процессе блуждания, посылает все необходимые данные для обеспечения обслуживания подвижной станции.

Интерфейс между MSC (E-интерфейс) обеспечивает взаимодействие между разными MSC при осуществлении процедуры HANDOVER — "передачи" абонента из зоны в зону при его движении в процессе сеанса связи без ее перерыва. Интерфейс между BSC и BTS(A-bis интерфейс) служит для связи BSC с BTS и определен Рекомендациями ETSI/GSM для процессов установления соединений и управления оборудованием, передача осуществляется цифровыми потоками со скоростью 2,048 Мбит/с. Возможно использование физического интерфейса 64 кбит/с. Интерфейс между BSC и OMC (O-интерфейс) предназначен для связи BSC с OMC, используется в сетях с пакетной коммутацией МККТТ X.25.

Внутренний BSC-интерфейс контроллера базовой станции обеспечивает связь между различным оборудованием BSC и оборудованием транскодирования (TCE); использует стандарт ИКМ-передачи 2,048 Мбит/с и позволяет организовать из четырех каналов со скоростью 16 Кбит/с один канал на скорости 64 Кбит/с. Интерфейс между MS и BTS (Um-радиоинтерфейс) определен в сериях 04 и 05 Рекомендаций ETSI/GSM. Сетевой интерфейс между OMC и сетью, так называемый управляющий интерфейс между OMC и элементами сети, определен ETSI/GSM. Рекомендациями 12.01 и является аналогом интерфейса Q.3, который

определен в многоуровневой модели открытых сетей ISO OSI. Соединение сети с ОМС могут обеспечиваться системой сигнализации МККТТ SS N7 или сетевым протоколом X.25. Сеть X.25 может соединяться с объединенными сетями или с PSDN в открытом или замкнутом режимах.

GSM — протокол управления сетью и обслуживанием также должен удовлетворять требованиям Q.3 интерфейса, который определен в ETSI/GSM Рекомендациях 12.01. Интерфейсы между сетью GSM и внешним оборудованием — интерфейс между MSC и сервис-центром (SC) — необходим для реализации службы коротких сообщений. Он определен в ETSI/GSM Рекомендациях 03.40. Каждый центр управления и обслуживания сети должен соединяться с другими ОМС, управляющими сетями в других регионах или другими сетями. Эти соединения обеспечиваются X-интерфейсами в соответствии с Рекомендациями МККТТ М.3О. Для взаимодействия ОМС с сетями высших уровней используется О3-интерфейс.

Интерфейсы и структурная схема приведены в приложении А.

3. Выбор оборудования для базовой станции.

3.1 Краткое описание базовых станций производителей

Рассмотрим некоторые из новинок производителей, представленные в 2008 году, и их конкурентные преимущества. В условиях жесткой конкуренции производители, в первую очередь, продвигают решения, призванные оптимизировать операционные затраты и совокупную стоимость владения сетью.

Рассмотрим оборудование фирмы Ericsson:

В рамках 3GSM Конгресса компания Ericsson представила новую базовую станцию для GSM и WCDMA доступа. По оценкам производителя данное решение, в частности, повышает емкость сети на 100% на один квадратный метр, сокращая при этом расходы на развертывание и эксплуатацию сети радиосвязи. Так, характеристики базовой станции и гибкость конфигурации позволяют сократить количество сайтов на 30%, а потребление электроэнергии — на 20-50%. К другим преимуществам системы относятся ее небольшие размеры и вес. По утверждению вендора, при помощи данного решения операторы могут предложить свои услуги абонентам с ARPU всего от $2.

Рассмотрим оборудование фирмы Nortel:

В рамках 3GSM компания Nortel продемонстрировала потенциал использования диапазона 900 МГц для стандарта UMTS, за счет которого можно расширить зону покрытия мобильных широкополосных сетей. Связь стандарта UMTS в диапазоне 900 МГц является экономически эффективным способом развертывания высокоскоростной мобильной сети национального масштаба, и позволяет на 60% сократить расходы при создании сотовых сетей в сельской местности, а также добиться лучшего качества обслуживания за счет улучшения качества приема на 25% внутри зданий в городских условиях. В этой связи Nortel представила новые базовые станции Pico BTS, Micro BTS, оборудование Remote Radio Head (RRH), а также компактные базовые станции Macro BTS для сетей UMTS и HSDPA. Эти решения, по словам разработчиков, призваны помочь операторам расширить зону покрытия и увеличить пропускную способность сети.

Рассмотрим оборудование фирмы Siemens:

Siemens разработал систему eBSC — самый мощный и прогрессивный, по словам производителя, контроллер для базовых станций стандарта GSM на сегодняшний день. Система применяется для обеспечения более эффективного и экономичного использования радиоресурсов сети. Другая новинка — контроллер радиосети (Radio Network Controller, RNCi), который, как и в случае с eBSC, может использоваться операторами сетей W-CDMA

для более эффективного распределения радиоресурсов. К этому классу оборудования относится и мультистандартный сетевой контроллер (Multi-Standard Network Controller), являющийся комбинацией eBSC и RNCi и предназначенный для контроля использования ресурсов в сетях 2G и 3G. Siemens также представил новые компоненты из семейства продуктов для сетей W-CDMA, обеспечивающие простую модернизацию базовых станций GSM для обеспечения поддержки 3G или расширения сетевого покрытия W-CDMA внутри зданий.

Рассмотрим оборудование фирмы Lucent Technologies:

В начале июня 2006 года компания Lucent Technologies представила компактную базовую станцию для сетей IMT-MC-450 (CDMA450) Modular Cell 4.0 Compact. По оценкам производителя новинка при сохранении параметров емкости и надежности на 30% меньше по габаритам и на 45 кг легче предыдущих моделей базовых станций Lucent CDMA450. Она может применяться в городской, пригородной и сельской местности, а также для обеспечения радиопокрытия внутри зданий. Станция поставляется в вариантах для наружной и внутренней установки и может устанавливаться как на улице, так и в технических или подвальных помещениях. Lucent Modular Cell 4.0 Compact поддерживает технологии третьего поколения (3G) CDMA2000 1X и 1xEV-DO и будет поддерживать технологию CDMA2000 1xEV-DO Revision A.

Рассмотрим оборудование фирмы Huawei Technologies:

Компания Huawei предлагает новое поколение подсистемы базовых станций GSM (линейку базовых станций GSM и контроллер базовых станций нового поколения). На казахстанском рынке будет продвигаться базовая станция (БС) BTS3012. Аналогом ей будет базовая станция DBS3900. Оборудование нового поколения БС поддерживает двойную плотность приемо-передатчиков в одном приемо-передающем модуле. Используя данную технологию, оператор может обеспечить большую зону уверенного покрытия, а также в будущем перейти от режима широкого покрытия к режиму увеличения емкости системы радиодоступа. Новая подсистема БС поддерживает возможность дальнейшей эволюции оборудования посредством обновления программного обеспечения. В ближайшем будущем будет реализована поддержка IP-транспорта на всех интерфейсах и QoS (гарантия качества обслуживания) разговорного класса. Новое поколение БС позволяет совмещать в одном кабинете GSM и UMTS оборудование, что дает возможность плавной эволюции к сетям связи нового поколения. При этом система электропитания, антенно-фидерные устройства, трансмиссия существующего сайта сетей GSM могут быть переиспользованы для оборудования беспроводных сетей нового поколения.

Рассмотрим оборудование фирмы Alcatel:

Компания Alcatel предоставляет сдвоенный приемопередатчик Alcatel Twin TRX, сходящий в состав решения Evolium GSM/EDGE. Новая система,

по словам производителя, вдвое увеличивает емкость существующего оборудования без увеличения занимаемой площади. Twin TRX адаптирован для густонаселенных городских районов и поддерживает до 24 приемопередатчиков (TRX) в одной базовой станции, хотя возможна также конфигурация, которая позволяет увеличивать зону покрытия сотовой связи в районах с низкой плотностью населения. В последнем случае объединение двух приемопередатчиков обеспечивает на выходе мощность 110 Вт и в сочетании с программно активируемой функцией 4RxDiv позволяет значительно увеличить радиус соты как для входящего, так и для исходящего трафика. Twin TRX может устанавливаться в любых базовых станциях Alcatel, предназначенных как наружной установки и для установки внутри помещений. Например, при установке в компактной базовой станции Compact BTS Outdoor сдвоенный приемопередатчик может поддерживать емкость, равную емкости шести обычных приемопередатчиков. В таком варианте отсутствует внешний корпус, что снижает общую стоимость установки. Для автономного питания можно использовать солнечные батареи.

Рассмотрим оборудование фирмы Motorola:

Компания Motorola представила семейство недорогих платформ беспроводной связи, состоящее из компактных базовых станций стандарта GSM для расширения зоны действия в сельских районах; беспроводных транзитных систем, центральных сетевых структур на основе Motorola SoftSwitch с медиа-шлюзом и др.Эти решения предназначены в первую очередь для быстро развивающихся рынков, однако производитель считает, что они также могут найти применение и в странах с более устоявшейся экономикой, где средний показатель дохода с одного абонента (ARPU) снижается. Это приводит к необходимости оптимизировать сети, бороться со всплесками трафика и максимально снижать уровень эксплуатационных затрат.

3.2 Обоснование выбора основного оборудования

3.2.1 Базовая станция Huawei DBS3900

Была выбрана базовая станция DBS3900 компании Huawei Technologies. Также был выбран контроллер базовых станций BSC6000 компании Huawei.

Базовая станция Макро BTS3900 комнатного исполнения принадлежит к семейству оборудования 3900 GSM BTS. Оно относится к четвертому поколению BTS, разработанному компанией Huawei. В семейство входят Макро BTS комнатного исполнения, Макро BTS уличного исполнения и распределенные BTS (сокр. DBS). Сочетая соответствующие типы BTS, семейство оборудования 3900 GSM BTS способствует быстрому

развертыванию сети и низким затратам согласно различным сценариям. Среди дополнительных преимуществ оборудования компании Huawei можно добавить возможность мониторинга и управления сетью из одного центра при помощи клиентского приложения M2000. Применение данного приложения существенно снизит затраты на обслуживание данной базовой станции.

Ниже приведены основные характеристики данного оборудования:

DBS3900 представляет собой распределённую базовую станцию, с использованием платформы BTS компании Huawei. Будучи базовой станцией системы мобильной связи, DBS3900 состоит из блока обработки базовых частот (BBU) и выносного радиочастотного блока (RRU). BBU3900- это блок обработки базовых частот. Радиочастотный блок RRU3004, поддерживает работу двух/четырёх радиопередатчиков.

В DBS3900 используется выносной радиочастотный модуль, отвечающий требованиям построения сетей в аспекте расширения ёмкости, гибкости установки и модернизации.

Между блоками RRU3004 и BBU3900 используется интерфейс CPRI, который обеспечивает соединение двух модулей с использованием оптических кабелей. Это позволяет существенно сократить затраты по созданию автозала, установке оборудования и эксплуатации.

Внедрение DBS3900 с распределёнными BTS позволит ускорить развитие мобильных сетей, обеспечит большую их совместимость с другими сетями, также позволит использовать широкополосные технологии.

Основные преимущества:

– Быстрое развертывание сети

Раздельное использование BBU и RRU, компактный дизайн и распределенная установка позволяют сэкономить пространство на сайте и смонтировать BBU и RRU практически в любом месте.

Распределённая установка также обеспечивает удобство при транспортировке и быстрое развертывание сети.

– Низкая стоимость

BBU может устанавливаться в любом месте на стену или на бетонное основание. Также BBU устанавливается внутри BTS, устройств передачи или в системе питания, при монтаже вне помещений.

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

– Высокая надёжность

Каждый RRU обеспечивает два высокоскоростных порта CPRI для обеспечения взаимодействия RRU и BBU в топологии кольцо. Один дополнительный порт CPRI предоставляет резервный канал между BBU и RRU.

В одном подстативе можно установить модуль RRU3004 для поддержки распределённой передачи, обеспечения большей емкости и большего числа

несущих. При сбое одного из рабочих модулей RRU3004, резервный обеспечивает услуги в соте.

BBU3900

BBU3900 является блоком обработки базовых частот для установки внутри помещений, который обеспечивает централизованное управление эксплуатацией и обслуживанием, а также обработку сигнализации всей системы базовой станции и обеспечивает опорный сигнал синхронизации. Также блок имеет физические интерфейсы для соединения с BSC и RRU3004. BBU3900 устанавливают в статив 2 U высотой и шириной 47.5 см. Он может быть установлен в статив 19 “, либо смонтирован на стену.

В BBU3900 устанавливаются дополнительные платы, обеспечивающие мониторинг окружающих условий, мониторинг интерфейса Abis и сигналов синхронизации GPRS. BBU3900 это компактное оборудование, простое при установке. Потребляет небольшой объём мощности и обеспечивает полный спектр услуг.

RRU3004

RRU3004 – выносной радиочастотный блок. Обеспечивает обработку сигналов основных частот и радиочастотных сигналов. Один RRU3004 выполняет функцию двух приёмопередатчиков. Если два модуля RRU3004 установлены в подстативе RRU3004, они выполняют функцию четырёх приемопередатчиков.

Один модуль RRU3004 обеспечивает два приёмопередатчика. Два модуля RRU3004 установленные в подстативе RRU3004, выполняют функцию четырёх приемопередатчиков.

RRU3004 имеет небольшой вес и характеризуется простотой установки. Подстатив RRU3004 можно установить на стальной мачте, стене или бетонном основании.

Примеры применения DBS3900:

Возможна гибкая комбинация модулей RRU3004 и BBU3900, в зависимости от фактических требований.

BBU:

- Внутри помещений
- Устанавливается на стену или в статив 19 “, подстатив RRU3004, APM или OFB.

RRU:

- Внутри помещений /снаружи
- Распределённое покрытие в городах, на автомагистралях и железных дорогах

Поддерживается распределённая передача и «Antenna hopping».

Ёмкость BBU3900:
BBU3900 поддерживает 72 приёмопередатчика. Abis поверх IP.

Возможности организации сети:

- E1/T1, оптический FE, поддержка радиорелейной и спутниковой передачи.
- Поддержка топологий: звезда, дерево, цепь, кольцо и смешанных топологий.
- Поддержка Flex Abis.
- GSM и UMTS могут использовать BBU3900.
- Оптимизирована передача с использованием интерфейса Abis. Поддержка обнаружения и восстановления свободных пакетов BTS и BSC.

Многодиапазонное применение

- RRU3004 работает в диапазонах 1800 МГц и 900 МГц.
- Высокая адаптируемость к условиям окружающей среды

Антенны

Поддержка антенн Remote Electric Tilt (RET). Использование антенн RET позволяет настраивать сетевое покрытие путём регулировки угла наклона антенн в автозале. При этом сэкономить затраты на эксплуатацию и обслуживание.

Поддержка антенн с двойной поляризацией, позволяет сократить число антенн в соте.

Поддержка протокола AISG1.1

Эволюция

DBS3900 поддерживает эволюцию от GERAN к LTE.

DBS3900 работает на основе унифицированной платформы BTS и обеспечивает эволюцию от 2G к 3G.

3.2.2 Контроллер базовых станций BSC 6000

EnerG BSC6000 компании Huawei представляет собой контроллер базовой станции следующего поколения на основе All-IP. Используя ALL-IP и общую платформу BSC/RNC, удовлетворяя всем требованиям тенденций развития сетей, BSC6000 может плавно эволюционировать к RNC 3G путём только лишь обновления программного обеспечения. LCLS (Локальный вызов Локальное переключение) помогает операторам сократить по крайней мере 25 % затрат на локальную трансмиссию (от мобильной станции к мобильной станции). В варианте с MGW, оборудование помогает сократить затраты на междугороднюю трансмиссию операторов на 60%.

Характеристики

- GPRS/EDGE: CS1 - CS4, MCS1 - MCS9
- Различные кодеки: FR/EFR/HR/AMR
- Усовершенствованные функции речевых услуг: TFO/AEC/ANR/SQD
- Объектно-ориентированная динамическая конфигурация
- Мультичастотные соты и соты со смешанными частотами
- Приоритетность услуг: eMLPP + HR

Преимущества

- Простота в развитии сокращает капиталовложения

PARC (Платформа усовершенствованного радиоконтроллера) представляет собой передовую, развитую платформу радиоконтроллера следующего поколения компании Huawei. Как GSM BSC так и UMTS RNC используют единую платформу и, следовательно, используют тот же самый статив. Кроме того, BSC6000 также является контроллером базовой станции, способным поддерживать в будущем GERAN и переход к RNC.

- Усовершенствованная платформа All-IP увеличивает пропускную способность и уменьшает потребляемую мощность

Используя передовую ALL -IP-платформу, BSC6000 компании Huawei поддерживает до 2,048 приемопередатчиков в полной конфигурации. Типичная потребляемая мощность оборудования существенно уменьшена по сравнению с традиционным BSC. Кроме того, как MGW так и BSC могут устанавливаться в одном стативе.

- Усовершенствованная архитектура гарантирует высочайшую надёжность

Полная взаимосвязь и алгоритмы распределённого управления ресурсами полностью исключают возможности появления ошибок в BSC6000. Для обеспечения надёжности электропитания используются схемы двойного резервирования. Кроме того, система автоматического самовосстановления служит для периодического обнаружения ключевых ресурсов программных кодов, что значительно повышает надежность программного обеспечения BSC6000.

- LCLS уменьшает OPEX посредством уменьшения затрат на трансмиссию.

Локальные вызовы как с вызывающей так и с вызываемой стороны в пределах обслуживания одного BSC6000 могут быть локально коммутированы. Отсутствует необходимость занимать каналы на интерфейсе A/Ater. В результате появляется возможность экономии по крайней мере 25 % локальной трансмиссии. При использовании в том же решении MGW экономия может достигать 60% ресурсов трансмиссии на дальние расстояния.

3.3 Технические характеристики выбранного оборудования

Ниже сведены в таблицы основные характеристики выбранного оборудования:

Таблица 3.1 – Технические характеристики базовой станции BTS: DBS3900

Конфигурации BTS (одно шасси)	S111, S222, S333, S444
Конфигурации BTS (два шасси)	S666, s12/12/12
Поддерживаемые частоты	GSM 850 МГц, GSM 900 МГц, GSM 1800 МГц, GSM 1900
Количество TRX	12 внутренних
Кол-во каналов трафика	84
Пропускная способность по трафику	72,53 Эрланг при уровне обслуживания 2% 2900 абонентов при 25 миллиЭрланг на абонента
Выходная мощность	80 Вт (на выходе усилителя мощности)
Чувствительность ВЧ приёмника	-111 дБм (без разнесения) -114 дБм (с разнесением)

Таблица 3.2 – Технические характеристики контроллера BSC6000

Пропускная способность	84 TRX, 466 Эрланг, 31 BTS
Магистральные порты	до 28 E1 или T1 портов
Поддерживаемые частоты	GSM 850 МГц, GSM 900 МГц, GSM 1800 МГц, GSM 1900
Поддержка двух диапазонов	GSM 900 МГц / GSM 1800 МГц
Кодирование	A5/0, A5/1, A5/2

4 Расчетная часть

4.1 Расчет зоны покрытия базовой станции

Произведем расчет дальности связи между антенной базовой станции BCF и абонентского блока (MS) на стороне абонента. Оценим ожидаемую дальность связи между блоками BCF и MS системы.

Исходные данные для расчета:

- Блок BCF;
- Мощность передатчика – 28 дБм;
- Минимальный порог уровня на входе приемника – 68 дБм;
- Средняя частота приема и передачи – 1800 МГц;
- Затухание в фильтрах и антенных разделителях – 7 дБ;
- Диаграмма направленности антенны 120°;
- Коэффициент усиления антенны – 40 дБ;
- Блок MS;
- Диаграмма направленности – $6{,}1^{o}$;
- Коэффициент усиления антенны – 13,5 дБм;

Напряженность поля, при которой обеспечивается достаточное качество приема, равна – 55 дБ.

Определим зону покрытия одной БС. Данная методика расчета основана на данных о распространении радиоволн над среднепересеченной местностью. В расчете приведены кривые распространения радиоволн, которые положены в основу метода расчета [5].

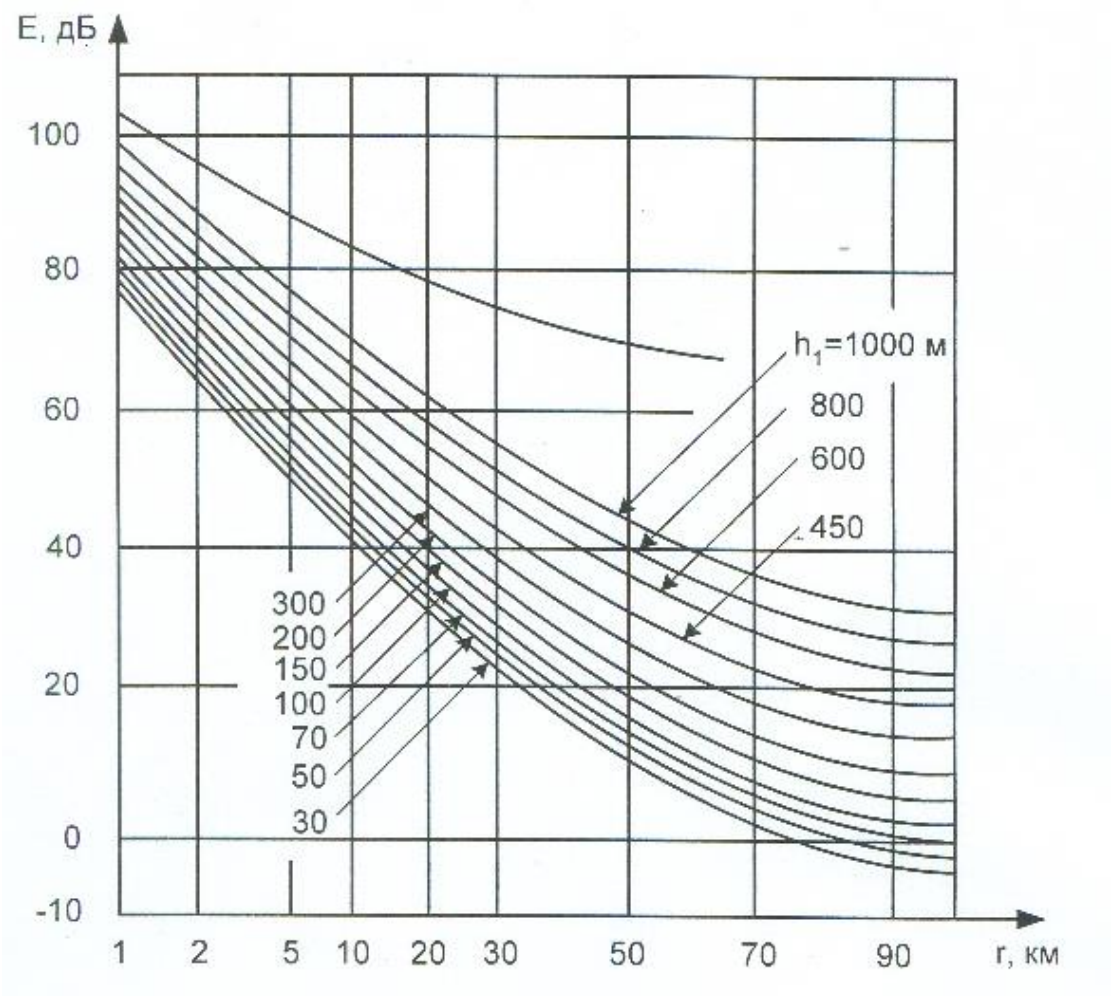


Рисунок 4.1 – Кривые распространения радиоволн над поверхностью земли в городской зоне.

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

$$E = E_c + B_{P.H.} + B_{\Phi} + B_{h2} + B_{РЕЛ} + (\alpha \cdot l) - D_{RPU} - D_{FAU} + B_{\theta}, \qquad (4.1)$$

где E_c – напряженность поля сигнала, необходимая для получения заданных показателей. E_c задана из технической документации к оборудованию Huawei, E_c = 45дБ;

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

B_{Φ} – затухание в резонаторных, мостовых фильтрах и антенных разделителях, дБ. B_{Φ} = 7 дБ;

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

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

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

D_{AU} – коэффициент усиления антенны БС RPU. D_{AU} = 11дБ;

D_{SU} – коэффициент усиления антенны абонентского оборудования AU. D_{SU} = 13,5 дБ;

B_{θ} – поправка, учитывающая уменьшение восприимчивости к помехам по сравнению четвертьволновым штырем, дБ.

Определим поправку $B_{р.н.}$:

$$B_{р.н.} = 10 \cdot \lg(\frac{1000}{P_H}) = 10 \cdot \lg(\frac{1000}{0{,}316}) = 35\,дБ, \qquad (4.1)$$

где P_H – номинальная мощность передатчика, P_H = 316 мВт.

Определим поправку B_{h2}, учитывающую высоту приемной антенны отличную от 1,5 м, по формуле:

$$B_{h2} = 10 \cdot \lg(\frac{1{,}5}{h_2}) = 10 \cdot \lg(\frac{1{,}5}{10}) = -8{,}2\,дБ, \qquad (4.2)$$

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

Поправка, учитывающая реальный рельеф местности $B_{РЕЛ}$ в зоне доступа радиодоступа, определяется следующим образом [4]. Графики зависимости дальности связи от напряженности поля при различных высотах передающих антеннах БС составлены на основе обработки статистической информации об изменениях в условиях среднепересеченной местности. Среднепересеченной считается такая местность, на которой среднее колебание отметок высот на расстоянии 10 – 15 км от БС не превышает 50 м. График для определения рельефа местности, приведен на рисунке 4.2. для определения колебания уровня местности Δh, рисуют рельеф местности и определяют колебание Δh. Когда Δh отличается от 50 м в ту или иную сторону, следует вносить поправки, определяемые по графикам рисунка 4.2, а и рисунка 4.2б для r<100 км. Антенна БС системы BreezeACCESS имеет секторную конструкцию, один сектор имеет зону охвата 120°, то для охвата зоны 360° используется 3 секторов. Дальность связи на каждом секторе определяется из рельефа местности, наличия строений или других препятствий для похождения сигнала в прямой видимости.

По графикам на рисунке 4.2 определим поправку $B_{РЕЛ}$ с учетом рельефа и строений для каждого сектора:

– первый сектор: характеризуется наличием 5 этажных домов высотой 30 м и наличием деревьев высотой до 10 м. Поправка Δh_1= 30 м. Поправка на рельеф $B_{РЕЛ}$ = –5 дБ;

– второй сектор: характеризуется наличием строений высотой до 50 м. Поправка Δh_2 = 50 м. Поправка на рельеф $B_{РЕЛ}$ = 0 дБ;

– третий сектор: характеризуется наличием 3 этажных домов и наличием деревьев высотой до 10 м. Поправка Δh_3= 15 м. Поправка на рельеф $B_{РЕЛ}$ = –8 дБ;

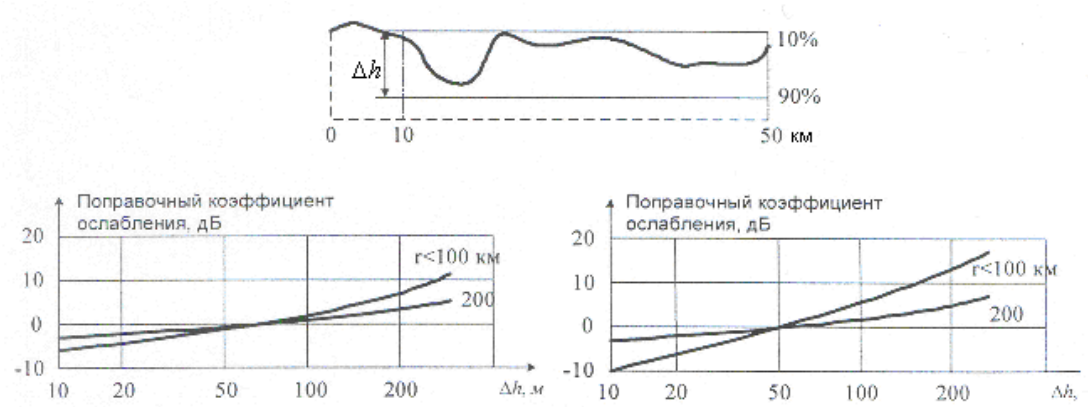


Рисунок 4.2 – Определение поправки, учитывающей рельеф местности.

Рассчитаем поправку ΔB_θ, учитывающую уменьшение восприимчивости к помехам по сравнению с четвертьволновым штырем.

$$B_\theta = 10 \cdot \lg(\frac{\theta_E}{360}) = 10 \cdot \lg(\frac{6{,}1}{360}) = -17{,}7 \text{ дБ}, \qquad (4.3)$$

где θ_E – угол диаграммы направленности принимающей антенны, θ_E =6,1 ^{o}.

Подставляя значения в формулу, определим напряженность поля, создаваемое передающей базовой станцией в пункте приема базовой станцией:

Для первого сектора: E = 55+35+7–8,2–5–11–13,5–17,7=41,6 дБ.

Для второго сектора: E = 55+35+7–8,2–0–11–13,5–17,7=46,6 дБ.

Для третьего сектора: E = 55+35+7–8,2–8–11–13,5–17,7=38,6 дБ.

По полученным значениям напряженности поля, создаваемого БС в пункте приема, определим дальность связи для каждого сектора по графику на рисунке 4.1. Дальность связи каждого сектора составляет:

На первом: 10 км, при Е=41,6 дБ;

На втором: 7.5 км при Е=46,6 дБ;

На третьем: 11 км при Е=38,6 дБ;

На рисунке 4.3 изображена дальность связи на каждом секторе. Полученные результаты могут отличаться от реальных значений. Сравнивая полученные данные дальности связи можно определить, сто средняя

дальность связи составляет 11 км, что соответствует средней дальности связи по технической документации. Зона покрытия базовой станции показана в приложении Б.

4.2 Расчет качественных показателей

Рассчитаем качественные показатели (категорию обслуживания для любого времени действия и вероятность обслуживания), обеспечиваемые системой на улицах, застроенных пятиэтажными и более зданиями, в зоне радиусом 10 км [1].

Исходные данные:

– частота приема абонентской станции 1800 МГц;
– номинальная чувствительность приемника при соотношении сигнал/шум на выходе 20 дБ G_h = 1,5 мкВ;
– полоса частот телефонного канала 0,3–3,4 кГц;
– общее затухание элементов антенно–фидерных устройств $B_{ф.пер}$= 9,7 дБ;
– выходная номинальная мощность передатчика P_H =20 Вт (P_H =14,8 дБ);
– высота антенны базовой станции над нулевой отметкой местности h_{01}=880 м;
– высота приемной антенны абонентского терминала над уровнем земли h_2=2 м;
– ширина полосы пропускания приемника $П_{пр}$=200 кГц;
– длина фидера приемной антенны (РК–75–7–11) $l_{ф.пр}$=4 м;
– длина фидера передающей антенны (РК–75–7–11) $l_{ф.пер}$=50 м;
– средняя высота зданий $h_{зд}$=20 м;
– средняя ширина улиц 2b =30 м.

Определяем, что преобладающими на указанной частоте являются индустриальные помехи.

По формуле, мкВ/м:

$$E_{и.эф} = (E_и + 0{,}115\sigma_E^2)_{из} + 10\lg П_{пр} - 20\lg П_{из} + 10\lg F_и - 2{,}7; \qquad (4.4)$$

Определяем среднее эффективное значение напряженности поля индустриальных помех: $E_{и.эф} = 9$ дБ $= 3$ мкВ/м.

По формуле:

$$E_{п.эф} = 10\lg\left(E_{и.эф}^2 + E_{п.эф}^2 + E_{икэф}^2 + \frac{G_H^2(\alpha l)_{пр}^2}{(S/N)_{пр.вх}^2 h_{д.пр}^2}\right); \qquad (4.5)$$

Определяем напряженность поля суммарных помех. Другими видами помех по сравнению с индустриальными пренебрегаем.

По формуле, дБ:

$$P_д = P_н - B_{ф.пер}, \qquad (4.6)$$

с учетом, дБ:

$$B_{ф.пер} = B_ф + B_н + (\alpha l_ф)_{пер} - \sigma_{пер}, \qquad (4.7)$$

определяем эффективно излучаемую мощность базовой станции:

$$P_д Д_у = 14{,}8 - 9{,}4 = 5{,}4\,дБ, \qquad (4.8)$$

где Вн=1 дБ, $(\alpha l_a)_{пер} = 9\,дБ$, $\alpha = 0{,}18\,дБ/м$, $\sigma_{пер} = 3\,дБ$.

Определяем напряженность поля, создаваемую базовой станцией в наиболее характерных пунктах приема на границе зоны обслуживания.

Для приема на открытых площадях используют формулу:

$$E_{с.о} = K_2 + K_3 + K_4 + \Delta E_п + 60\,дБ,$$

(4.9)

коэффициенты которого определяют по номограмме рисунка 4.1;

K_2 находим по семейству кривых четвертого квадранта; для $P_Д Д_У = 0{,}0035$ кВт и приведенной высоты передающей антенны.

$h_1 = h_{01} - h_{02} - h_{зд} = 201 - 140 - 20 = 50$ м, интерполируя между

кривыми 0,003 и 0,004, определяем K_2=11 дБ. K_3 находим по графику второго квадранта для зоны радиусом действия r= 10 км:

K_3=–40 дБ. K_4 находим по семейству кривых третьего квадранта для $\lambda = 1{,}72$ м и $h_2 = 2$ м: K_4= 7 дБ. $\Delta E_п$ определим по графику, рисунок 4.1: $\Delta E_п$=–3дБ.

Подставляя найденные коэффициенты в формулу, получаем:

$$E_{с.о} = 11 - 40 + 7 - 3 + 60 = 35\,дБ. \qquad (4.10)$$

Для приема на радиальных улицах используем формулу, дБ:

$$E_{ср} = M_1 + M_2 + M_3 + \Delta E_п + 60, \qquad (4.11)$$

коэффициенты которого определяем по номограмме рисунка 4.4. M_1 находим по семейству кривых первого квадранта: для $Z = h_{зд} - h_2 = 18$ м, и b=22,5 м, интерполируя между кривыми 20 и 25, определяем M_1= – 20 дБ.

M_2=40 дБ определяем по семейству кривых четвертого квадранта для $P_Л Д_У = 0{,}0035$ кВт и h=50 м. Мз= – 44 дБ определяем по кривой третьего квадранта для зоны действия радиусом г= 10 км и высоты приемной антенны h_2=2 м. ΔE_n = – 2 дБ.

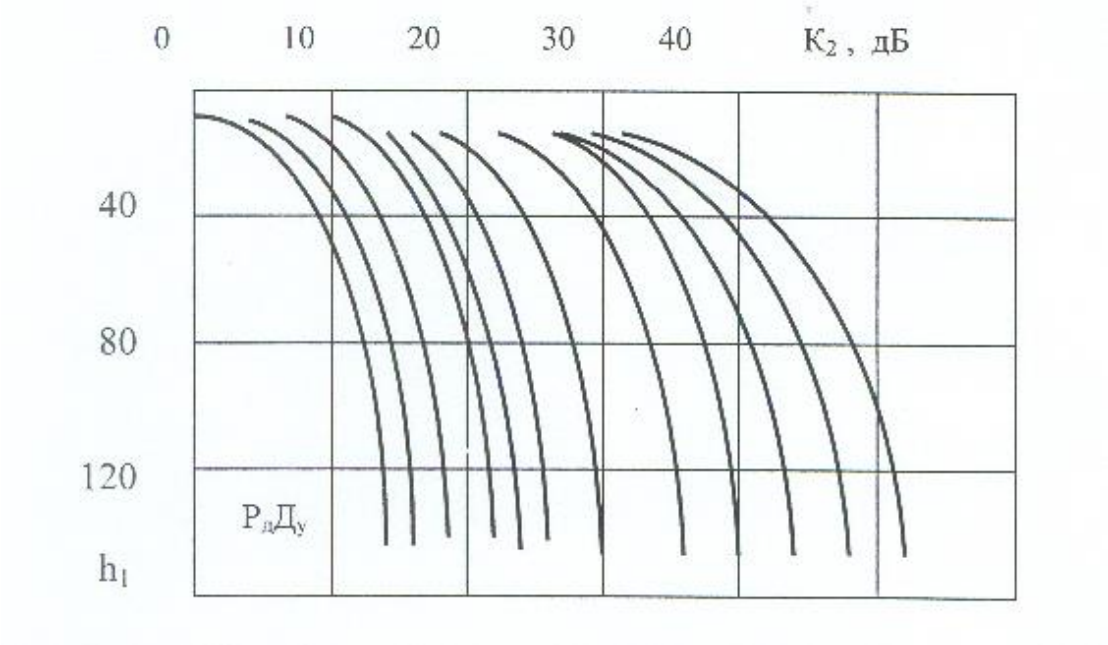


Рисунок 4.4 – Номограмма для определения K_2

Подставим найденные коэффициенты в формулу, получаем:

$$E_{c.p} = -20 + 40 - 44 - 2 + 60 = 34 \text{ дБ}.$$

(4.12)

Для приема на поперечных улицах используем формулу, дБ:

$$E_{c.n} = K_2 + K_3 + K_4 + \Delta E_n + 60, \qquad (4.13)$$

коэффициенты которого определяем по номограмме рисунка 4.2:
$K_1' = -18$ дБ; $K_1 = -16$ дБ; $K_2 = -11$ дБ; $K_3 = -40$ дБ; $\Delta E_n = -3$ дБ.
Подставим найденные значения в формулу:

$$E_{c.n} = -16 + 11 - 40 - 3 + 60 = 12 \text{ дБ}$$

(4.14)

Определяем значения защитного отношения $R_Д$
Для открытых площадей:

$$R_{Д0} = E_{c0} - E_{и.эф} = 35 - 9{,}6 = 25{,}4 \text{ дБ}$$

(4.15)

Для радиальных улиц:

$$R_{Д.Р} = E_{с.р} - E_{и.эф} = 34 - 9{,}6 = 24{,}4 \text{ дБ} \qquad (4.16)$$

Для поперечных улиц:

$$R_{Д.П} = E_{с.п} - E_{и.эф} = 12 - 9{,}6 = 2{,}4 \qquad (4.17)$$

Определяем категорию обслуживания, обеспечиваемую базовой станцией на границе зоны обслуживания для 70 % пунктов и произвольно выбранного времени действия 90%.

В результате расчета получены следующие значения $R_Д$**, дБ:**

– для передачи данных –14,7;

– для передачи речи – 31,7;

– для открытых площадей $R_Д > R_{мин}$ (25,4 >> 14,7);

– для радиальных улиц $R_{Д.Р} > R_{мин}$ (24,4 >> 14,7);

– для поперечных улиц категория обслуживания неудовлетворительна, поэтому определим максимальное расстояние, на котором обеспечивается заданная категория обслуживания. Для этого находим уровень сигнала, который обеспечит в пункте приема категорию обслуживания 90% разборчивости при $R_{Д.мин} = 14{,}7$ дБ:

$$E'_{с.п} = E_{и.эф} + R_{Д.мин} = 9{,}6 + 14{,}7 = 24{,}3 \text{ дБ}. \qquad (4.18)$$

Из формулы:

$$K_{ЗП} = E_{с.п} - K_1 - K_2 - \Delta E_п - 60, \qquad (4.19)$$

при условии $E'_{с.п} = 24{,}3$ дБ определяем:

$$K_З = 24{,}3 + 16 - 11 + 3 - 60 = -27{,}7, \qquad (4.20)$$

а по рисунку (второй квадрант) находим искомое расстояние г'=5.5 км

Построим график зависимости $R_{Д0} > R_{Дмин}$ от α_2, где α_2– время действия, %. Для построения графика составим таблицу 4.1, в которой $R_Д = E_с - E_п$

Таблица 4.1– Полученные данные

α_2%	Защитное отношение сигнал/помеха, дБ		
	Для площадей	Для радиальных улиц	Для поперечных улиц
50	30,9	29,9	20,2

Продолжение таблицы 4.1

α_2%	Защитное отношение сигнал/помеха, дБ		
	Для площадей	Для радиальных улиц	Для поперечных улиц
70	28,4	27,4	17,7
90	25,4	24,4	14,7
95	23,9	22,9	13,2

Решение, представленное на рисунке 4.2, получено в условиях некоторой неопределенности, связанной с допущением постоянства сигнала во времени, приближенной оценкой уровня помех и параметров технической системы. В связи с этим результаты расчета следует рассматривать с учетом некоторой вероятности их реализации на практике – вероятности обслуживания. Вероятность обслуживания определяется стандартными отклонениями величин, участвовавших в расчете: $\sigma_{c,t}$, которая учитывает замирания в течение длительного времени, определяемые по кривым (рисунок 4.6): $\sigma_{c,50} = 0; \sigma_{c,99} = 5{,}5$ дБ ; $\sigma_{c,90} = 1{,}5$ дБ; $\Delta\sigma_c$ учитывает отклонение уровней помех от средних значений в течение длительного времени ($\Delta\sigma_{50} = 0; \Delta\sigma_{90} = 5$ дБ; $\Delta\sigma_{99} = 8$ дБ), $\Delta\sigma_c$ учитывает неопределенность выбранного значения $R_Д$ (выбираем примерно равной 2 дБ).

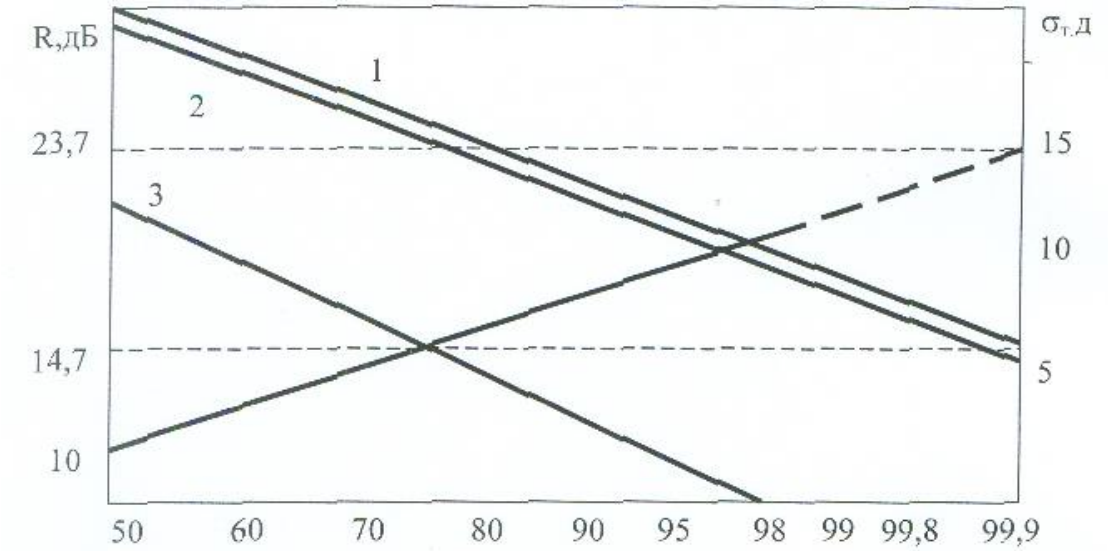
Общая неопределенность, дБ:

$$\sigma_m = \sqrt{\sigma_{cm}^2} + \Delta\sigma_t^2 + \sigma_R^2 \ , \qquad (4.21)$$

Так как при взаимной независимости эти значения имеют нормальное распределение вероятности, то график $\sigma_T(\alpha_2)$ строят по трем точкам рисунок 4.5. Первой точкой кривой является величина $\sigma_{50} = \sqrt{\sigma_R^2} = 2$ дБ. Второй точкой

кривой можно выбрать, величину $\sigma_{90} = \sqrt{\sigma_{c90}^2} + \Delta\sigma_{90}^2 + \sigma_R^2 = 5{,}6$ дБ. Третья точка кривой имеет значение $\sigma_{99} = \sqrt{\sigma_{c99}^2} + \Delta\sigma_{99}^2 + \sigma_R^2 = 9{,}9$ дБ.

Вероятность обслуживания определяется в зависимости от нормированного аргумента – процента времени действия $t_a = (R_{Д70} - R_{Д50})/\sigma_T$, где R_T определяется по таблице 4.1, а σ_T – по рисунку 4.5.



1 – на открытых площадях;
2– на радиальных улицах;
3– сигнал/помеха

Рисунок 4.5 – Расчетные значения защитных отношений на поперечных улицах

Если $R_{Д70} = 28{,}4$ дБ; то $R_{Д50} = 30{,}9$ дБ, а $\sigma_{T70} = 3$ дБ, $t_a = (R_{Д70} - R_{Д50})/\sigma_T = -0{,}83$ а вероятность обслуживания равна 0,2, т.е. чем больше время действия, тем меньше вероятность обслуживания при неизменном сигнале.

4.3 Расчет критических и оптимальных размеров сот с учетом НРП

Уменьшение размеров сот – это уменьшение расстояния между совпадающими по настройке радиосредствами и, следовательно увеличение уровня непреднамеренных радиопомех (НРП) [5]. В ССС возникают специфические НРП; все другие НРП имеют место, как в любом радиоприемнике. Эти специфические НРП относятся к классу внутрисетевых межсистемных помех; назовем их сотовыми радиопомехами (СРП).

Рассмотрим пример расчета Pnmax на входе радиоприемного устройства АС в простейшем случае распространения радиоволн в свободном пространстве при n=2.

$$P_{1БС} = 1{,}51 \cdot 10^9 \cdot P_{0АС} \cdot R_c^2 ,$$

(4.22)

$$P_{n\max} = 3{,}6 \cdot A \cdot P_1 \cdot S(Q) / (3^{n/2} C^{m/2} R_c^2) ,$$

(4.23)

$$S(Q) = \sum_{i=1}^{Q} \frac{2i-1}{i^n} ,$$

(4.24)

Выражение (4.24) далее перепишем с учетом (4.23). При этом используем аппроксимацию суммы (4.25) степенной функцией (для **Q<9** она дает ошибку не выше 10%);

$$S(Q) = \sum_{i=1}^{Q} \frac{2i-1}{i^2} = Q^{\frac{2}{3}} = \frac{D_{пр}^{\frac{2}{3}}}{3^{\frac{1}{3}} C^{\frac{1}{3}} R_c^{\frac{1}{3}}}$$

(4.25)

Получим

$$P_{n\max} = \frac{0{,}56 \cdot 10^{-9} \cdot P_{1БС} \cdot D_{пр}^{\frac{2}{3}}}{C^{\frac{4}{3}} R_c^{\frac{8}{3}}}$$

(4.26)

$$P_{1БС} = \frac{1{,}51 \cdot 10^9 \cdot a^2 \cdot P_{ш} \cdot R_c^2 + 0.837 \cdot P_{1БС} \cdot D_{пр}^{\frac{2}{3}}}{C^{\frac{4}{3}} R_c^{\frac{2}{3}}}$$

(4.27)

Последнее выражение отражает противоречивость зависимости мощности передатчика $P_{1БС}$ от размера соты R_c. В результате дальнейших преобразований получим:

$$P_{1БС} = \frac{1{,}51 \cdot 10^9 \cdot a \cdot P_{ш} \cdot R_c^2}{\dfrac{1 - 0{,}83 \cdot a \cdot D_{пр}^{\frac{2}{3}}}{C^{\frac{4}{3}} R_c^{\frac{2}{3}}}}$$

(4.28)

Мощность передатчика $P_{1БС}$ будет лавинообразно увеличиваться при приближении знаменателя в (4.28) к нулю**.** Существует, таким образом критический размер соты $R_{с.кр}$, который можно рассчитать по формуле

$$R_{c.кр} = 0{,}75 \cdot a^{\frac{3}{2}} \cdot \frac{D_{пр}}{C^2} = 0{,}75 \cdot 6^{\frac{3}{2}} \cdot \frac{20}{12^2} = 1{,}5 \text{ км}$$

(4.29)

При $D_{пр}$= 20км, С=12, а=6.

Для ослабления взаимного влияния между сигналами данной и ближайшей к ней соты с совпадающим частотным каналом их разносят на расстояние D, которое называют защитным интервалом. Компактная группа сот, в которой совпадающие по настройке частотные каналы не повторяются, состоит из С сот. Параметр а – необходимое превышение порога над уровнем шума.

Наименьшая мощность передатчика $P_{1БС\min}$ будет при $\frac{d}{dR_c} P_{1БС} = 0.$

Приведенное уравнение имеет решение:

$$R_{c.опт} = 1{,}16 \cdot a^{\frac{3}{2}} \cdot \frac{D_{пр}}{C^2} = 1{,}16 \cdot 6^{\frac{3}{2}} \cdot \frac{20}{12^2} = 2{,}3 \text{ км}.$$

4.4 Оценка требуемого числа каналов и вероятности потери вызова

Данная методика расчета основана на методе динамики моментов базирующегося на тех же исходных линейных дифференциальных уравнениях теории непрерывных марковских цепей, описывающих изменение вероятностей дискретных состояний в непрерывном времени, что и формула Эрланга [8]. Метод предусматривает агрегирование состояний однородных и независимых элементов системы на основании того, что среднее число Е, элементов, находящихся в 1–м состоянии, есть произведение общего числа элементов $N(\sum E_i = N)$ на вероятность р; пребывания в состоянии i.

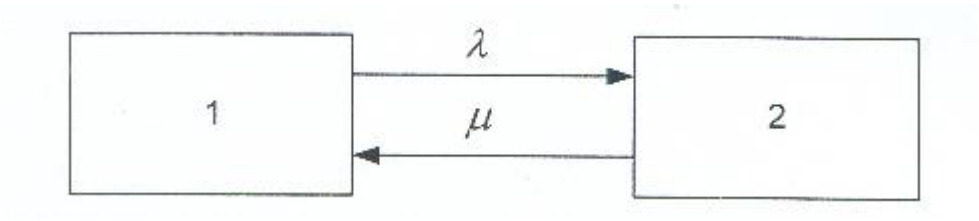


Рисунок 4.9 – Состояние системы

В данном случае элементами системы являются абоненты, каждый из которых может находиться в одном из двух состояний: в пассивном 1 и в состоянии занятия второго канала на время сеанса связи рисунок 4.9.

Если λ и μ – интенсивности перехода одного абонента между состояниями 1, 2, то уравнения динамики средних имеют вид:

$$\frac{dE_1}{dt} = -\lambda \cdot E_1 + \mu \cdot E_2,$$

(4.30)

$$\frac{dE_2}{dt} = \lambda \cdot E_1 - \mu \cdot E_2,$$

(4.31)

Отсюда для установившегося режима:

$$\frac{dE_1}{dt} = \frac{dE_2}{dt} = 0,$$

(4.32)

Т.о. среднее число занятых каналов равно:

$$E_2 = N \cdot \rho \cdot (1+\rho), \qquad (4.33)$$

где ρ — приведенная интенсивность заявок:

$\rho = \frac{\lambda}{\mu}$,

Пусть случайная дискретная величина x_{ij} может принимать только два значения:

(4.34) $x_{ij} = \begin{cases} 1, \text{ если j – й элемент, находившийся в состоянии i,} \\ 0, \text{ в противном случае} \end{cases}$

Ряд распределения имеет для каждого] один и тот же вид:

При $x_i = 0, p_i = 1 - p_i$;

При $x_i = 1, p_i = p_i$;

Здесь p_i – вероятность пребывания в состоянии i.

Поэтому дисперсия численности состояния i = 2 есть сумма N одинаковых значений дисперсии величины $x_{ij} = x_i$:

$$D[x_2] = (0 - p_2)^2 \cdot (1 - p_2) + (1 - p_2)^2,$$

(4.35)

$$D_2 = E_2 \cdot (1 - \frac{E_2}{N}) = N \cdot \rho \cdot (1+\rho)^2,$$

(4.36)

В соответствии с правилом трех сигм практически возможное максимальное значение числа занятых каналов составляет $E_2 + 3 \cdot \sqrt{D_2}$ (естественно, в предположении о нормальном распределении числа занятых каналов). На этом основании требуемое число п каналов для обслуживания N абонентов, каждый из которых создает в ЧНН нагрузку р, выражается как:

$$n = \frac{(N \cdot \rho + K \cdot \sqrt{N \cdot \rho})}{1 + \rho} \qquad (4.37)$$

где К – коэффициент допустимости отказа, определяемый как значение аргумента (нормированного средним квадратическим отклонением) при подходящем значении функции нормального распределения.

Коэффициент К выбирается из условия допустимости отказа. При допустимости в среднем одного отказа на 70 вызовов К=2,2. При допустимости в среднем одного отказа на 100 вызовов К=2,31.

Определим число требуемых каналов n на соединительной линии между станцией и сетью СТОП для 1000 абонентов:

$$n = \frac{(1000 \cdot 0{,}05 + 2{,}31 \cdot \sqrt{1000 \cdot 0{,}05})}{1 + 0{,}05} \approx 63 \text{ канала.}$$

Для оценки точности формулы сравним результаты вычислений с результатами вычислений, вычисленных по первой формуле Эрланга. Такое сопоставление произведем для р = 0,05 (т. е. для нагрузки одного абонента 0,05 эрл), результаты показали, что различие между двумя методами расчета составляет 14 %.

Рассчитаем вероятность потери вызова.

Для определенных выше (по методу динамики средних) математического ожидания E2 и дисперсии D2 и в соответствии с предположением о нормальном распределении случайной численности состояния вероятность отказа $P_{ОТК}$ можно выразить через интеграл Лапласа:

$$\Phi(y) = \left(\frac{1}{\sqrt{2 \cdot \pi}}\right) \cdot \int_0^y \exp\left(\frac{-t^2}{2}\right) dt \qquad (4.38)$$

Т.е. вероятность превышения такой случайной величиной значения n, или превышения отклонения от среднего $E_2 = \frac{N \cdot \rho}{1 + p}$ величины $n - E_2$:

$$P_{ОТК} \approx 1 - 2\Phi_n\left[\frac{1 + \rho}{\sqrt{N \cdot \rho} - \sqrt{N \cdot \rho}}\right], \qquad (4.39)$$

Подстановка дает вероятность отказа $P_{ОТК}$:

$$P_{ОТК} \approx 1 - 2 \cdot \Phi[K], \qquad (4.40)$$

Ошибка составляет:

$$\Delta P_{ОТК} = P_{ОТК} - P_n, \qquad (4.41)$$

где P_n соответствует вероятности потерь по первой формуле Эрланга и определяется только ошибкой Δn по (4.58), а также ошибкой, связанной с предположением о нормальном распределении численности состояния.

Влияние ошибки Δn на погрешность определения Ротк можно оценить из сопоставления с вычислениями по первой формуле Эрланга при К=2,2...2,31 (т.е. для Ротк=0,01...0,014), N$\geq$20 и значениях $0{,}04 \leq \rho \leq 0{,}1$, характерных для нагрузки, создаваемой в ЧНН средним абонентом. В частности, $\Delta P_{ОТК}$<0,03 P_n для Δn=(0,01...0,015)n и погрешность определения $P_{ОТК}$ из–за ошибки оценки n порядка 1...1,5% составляет менее 7% или по абсолютному значению $\Delta P_{ОТК}$<0,0004. Следовательно, существенной может быть только погрешность, вносимая допущением о нормальном законе распределения.

Оценка погрешности по сходимости распределений.

В соответствии с приведенным выше рядом распределения величины x_{ij}, распределение суммы N независимых случайных величин является биномиальным и поэтому верна следующая оценка:

$$P(|n - E_2| \geq K \cdot \sqrt{D_2}) \leq \frac{4}{(9 \cdot K)^2}, \qquad (4.42)$$

В правой части неравенства отсутствует параметр N, поэтому даже при N < 10 вероятность превышения числом $|n - E_2|$ величины $K \cdot \sqrt{D_2}$ для К=2,2...2,31 и ρ=0,05...0,1 составляет не более 0,042...0,046. С ростом N биномиальное распределение быстро стремится к нормальному. Степень приближения нормальному распределению определяется близостью величины эксцесса нулевому значению.

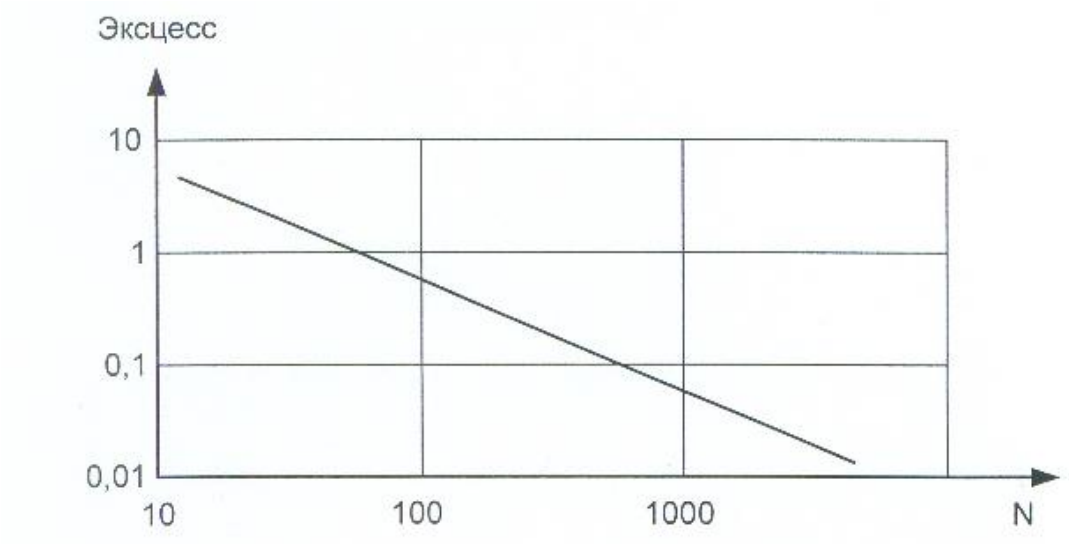


Рисунок 4.10 – График изменения максимального значения эксцесса

На рисунке 4.10 показано (в логарифмических шкалах) изменение максимального значения эксцесса. График соответствует вероятности не менее 0,015 вызова от одного абонента в течение средней длительности разговора. При увеличении N от 10 до 1000 величина эксцесса приближается к нулевому значению эксцесса нормального распределения (уменьшается с шести до 0,06), т. е. "островершинность" симметричной кривой плотности биномиального распределения практически исчезает.

Таким образом, как формулу (4.40) для числа каналов, так и приближенную формулу (4.42) для вероятности потери вызова можно считать приемлемыми с точностью порядка 1 % (причем последнюю для практических случаев, когда рассматриваются тысячи и десятки тысяч абонентов).

4.5 Расчет параметров резервного электропитания основного электрооборудования

Предполагается использование кислотных аккумуляторов. Емкость аккумуляторных батарей зависит от тока нагрузки во время разряда, 1ав, А, в условиях отсутствия напряжения во внешней цепи переменного тока или отключённых буферных выпрямительных устройствах.

Номинальная емкость каждой группы аккумуляторной батареи из аккумуляторов типа С и СК, приведенная к режиму десятичасового разряда, может быть определена по формуле:

$$Q = \frac{I_{AB} \cdot t_p}{\eta_q (1 + 0{,}008(t - 25))}, \qquad (4.43)$$

где t_p – расчетное время разряда батареи;

η_q – коэффициент отбора емкости, зависящий от интенсивности разряда аккумуляторов;

t – наименьшая температура электролита аккумуляторов, которую принимают равной наименьшей расчетной температуре аккумуляторного помещения.

Для вновь строящихся зданий, а также зданий старой постройки с центральным отоплением эта температура принимается равной +15° С, а для существующих зданий с печным отоплением +10° С.

Таким образом, коэффициент 1+0,008(1–25)=0,92 – 0,88. В практических расчетах часто усредняют этот коэффициент, принимая его равным 0,9. Тогда:

$$Q = \frac{I_{AB} \cdot t_p}{\eta_q \cdot 0{,}9},$$

(4.44)

или

$$Q = \frac{I_{AB} \cdot t_p \cdot 1{,}1}{\eta_q}$$

(4.45)

Для определенных режимов разряда формула может быть еще упрощена. Принимаем трехчасовой разряд тогда:

$$Q = \frac{I_{AB} \cdot 3}{0{,}75 \cdot 0{,}9} = 4{,}5 I_{AB} \qquad (4.46)$$

Для электропитания аварийного освещения по норме 2 Вт на 1 м^2 , при напряжении 48 – 53,5 В потребуется ток:

$$I_{AB} = \frac{P \cdot S}{U}$$

(4.47)

$$I_{AB} = \frac{2 \cdot 375}{48} = 15{,}6\,\text{А}$$

Таким образом, от аккумуляторной батареи во время разряда потребуется
ток:

$$I_{AB} = I + I_{ao}, \qquad (4.48)$$
$$I_{AB} = 15{,}6 + 3 = 18{,}6$$

Емкость аккумуляторной батареи:

$Q = 4{,}5 \cdot 18{,}6 = 83{,}7 \quad A \cdot ч$.

Ток резервного или зарядного выпрямительного устройства для свинцокислотных аккумуляторных батарей может быть определен из формулы:

$$I_{озап} = i_з N n_б$$

(4.49)

где $i_з$ – зарядный ток на один индексный номер батареи, А, для батареи разряжающейся в трехчасовом режиме 2 А;

N – индексный номер принятых аккумуляторов;

$N_б$ – число групп аккумуляторной батареи.

Индексный номер определим по формуле:

$$N = \frac{Q}{\Delta q},$$

(4.50)

где Δq – удельная емкость одного номенклатурного номера аккумуляторов, для свинцокислотных Δq=36.

$$N = \frac{83{,}7}{36} = 2,$$
$$I_{озап} = 2 \cdot 2 \cdot 2 = 6 \text{ А}.$$

Мощность, потребляемая выпрямительными устройствами рабочего комплекта, рассчитывается по формуле:

$$P_{пот.р} = \frac{I_{ab} n \Delta U_б}{\eta_B \cdot 10^3}, \qquad (4.51)$$

где $\Delta U_б$ – буферное напряжение одного элемента, В;

n – число элементов в буферной аккумуляторной батарее.

В нашем случае $\Delta U_б$=2,086 В. Тогда:

$$P_{пот.р} = \frac{7{,}2 \cdot 48 \cdot 2{,}086}{0{,}71 \cdot 10^3} = 1{,}1 \text{ кВт}.$$

Мощность потребления запасным преобразователем, $P_{пот.зап}$ кВт:

$$P_{пот.зап} = \frac{i_з Nn\Delta U_з}{\eta_B \cdot 10^3}, \qquad (4.52)$$

где $\Delta U_з$ – конечное зарядное напряжение одного аккумулятора, В;

$$P_{пот.зат} = \frac{2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2{,}23}{0{,}71 \cdot 10^3} = 0{,}013\,\text{кВт}.$$

После аварийное потребление от сети или от резервной ДЭС:

$$P_п = P_{пот.р} + P_{пот.зап}, \qquad (4.53)$$

$$P_п = 1{,}1 + 0{,}013 = 1{,}113\,\text{кВт}.$$

В качестве электропитающей установки можно применить финское оборудование фирмы "ЕКОРЕ". Данные системы имеют следующие показатели:

Параметры:

Выходное напряжение, В.....24, 48, 60,110,125

Выходной ток, А.....от 3 до 720

Выходная мощность, Вт.....от 300 до 40000

Входное напряжение, В.....от 187 до 264

Сетевая частота, Гц.....от45 до 65

Температура эксплуатации, °С.....от –5 до +45

Системы питания комплектуются герметизированными батареями емкостью от 1,2 до 3 000 *А • ч.*

4.6 Расчёт базовой станции в программном виде

Для расчета параметров базовой станции таких как:

- Поправки на рельеф;
- Напряженность поля в точке приема;
- Дальность связи.

Воспользуемся языком программирования С++ на программном комплексе Borland C++ Builder. Листинг программы приведен в приложении В. Ниже приведен скриншот с результатами работы программы.

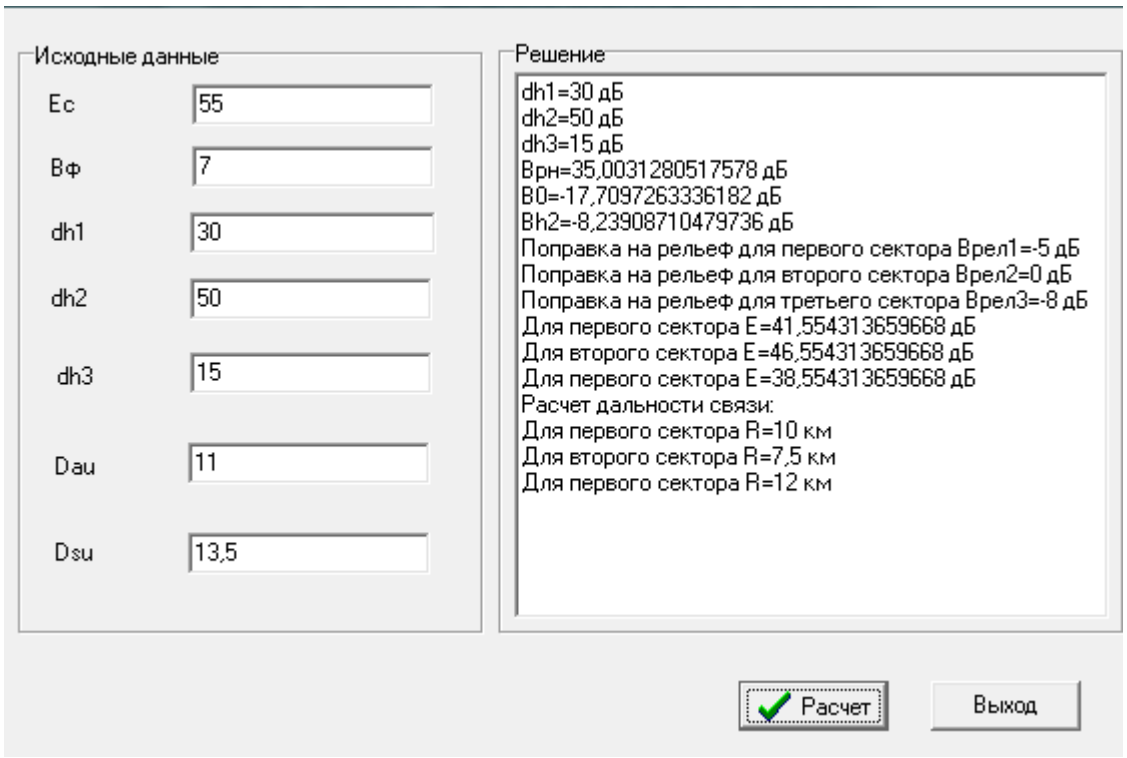


Рисунок 4.11 – Окно программы

5 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

5.1 Анализ условий труда на предприятии

5.1.1 Краткая характеристика помещения

Проектируемая базовая станция, расположенная на крыше здания теле-, радиокомплекса включает в себя следующую аппаратуру:

- Аппаратуру наружного размещения – выносные приемо-передающие модули, волноводный тракт и антенну. Данная часть аппаратуры размещается непосредственно на антенной мачте.
- Аппаратуру внутреннего размещения. Эта аппаратура производит цифровую обработку сигнала (кодирование, мультиплексирование и т.д.). Оформляется в виде модульной конструкции закрепляемой на металлическую стойку. Размеры стойки: 177x483x280 мм. Аппаратура находится внутри помещения.
- Систему телеуправления и телеобслуживания. Для этого используют подключаемые через интерфейс компьютеры. Обслуживающий персонал находится в отдельном от основной аппаратуры помещении, куда через интерфейс вынесены органы контроля и управления аппаратурой.

Согласно ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ "Воздух рабочей зоны, общие санитарно-гигиенические требования", работа людей в нашем помещении относится к первой категории (таблица 5.1) [1].

Таблица 5.1 – Категории работ по энергозатратам организма.

Работа	Категория	Энергозатраты организма, Дж/с (ккал/час)	Характеристика работы
Легкая физическая	I а	не менее 138	Производится сидя и не требует физического напряжения

5.1.2 Характеристика условий труда инженера

Для производительного труда инженера необходима рационально организованная окружающая среда, учитывающая естественные условия и комфортность расположения средств управления. Микроклимат рабочего места должен исключить мешающие и раздражающие воздействия факторов, которые способны вызвать утомление и напряжение инженера - освещение, отопление, вентиляцию. С целью создания норм условий для персонала установлены нормы производственного микроклимата. Нормы

устанавливают оптимальные и допустимые величины температуры, влажности. Регулирование параметров микроклимата производится автоматически климатическими установками с регулируемыми характеристиками.

Микроклимат производственных помещений определяют следующие параметры: температура воздуха в помещении; относительная влажность воздуха; скорость его движения. Эти параметры по отдельности и в комплексе влияют на организм человека, определяя его самочувствие.

Системы вентиляции, отопления и кондиционирования воздуха выполнены в соответствии с главой СНиП РК 4.02-42-2006 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха». [2]

В помещениях с избытками явного тепла расположен кондиционер фирмы Hitachi (Япония) для соблюдения нормативных параметров. В качестве нагревательных приборов в машинных залах ЭВМ и хранилищах носителей информации устанавливаются регистры из гладких труб или панели лучистого отопления.

В производственные помещения подаются объемы наружного воздуха: при кубатуре помещения 20 – 40 $м^2$ на одного работающего не менее 20 $м^3$ на человека.

Во всех производственных помещениях на постоянных рабочих местах параметры микроклимата соответствуют требованиям СН «Микроклимат производственных помещений».

В залах с работающей вычислительной техникой, на рабочих местах с пультами, при операторских видах работ и т.д. параметры микроклимата следующие:

Микроклиматические условия на узле обслуживания согласно ГОСТ 12.0.003-78. ССБТ характеризуются как оптимальные (таблица 5.2) [3].

Таблица 5.2 – Оптимальные нормы параметров микроклимата

Период работы	Категория работы	Т, ^{0} С	Скорость движения воздуха, м/с, не более
Холодный	I а I б	22-24 31-23	0,1 0,1
Теплый	I а I б	23-25 22-24	0,1 0,2

В любой из периодов года микроклиматические параметры в нашем помещении : Температура летнего периода: плюс 27 ^{0}С, температура зимнего периода плюс 23– 25 ^{0}С, относительная влажность воздуха – 60% при температуре ниже 36 ^{0}С, скорость движения воздуха не превышает 0,2 м/с в любой период года.

Таблица 5.3 – Допустимые значения параметров микроклимата в холодный/теплый период года [3].

Период работы	Категория работы	Температура воздуха, ^{0}С	Относительная влажность воздуха, %, не более	Скорость движения воздуха, м/с, не более
Холодный	I а	21-25	75, при 28^0 С	0,1
Теплый		22-28	55, при 28^0 С	0,1 – 0,2

Так как, вредных веществ, электромагнитных полей и других вредных факторов для человека аппаратура электронных станций не выделяет, то основной проблемой является несоответветствие микроклимата рабочей зоны. Перспективным с точки зрения создания микроклиматических условий в рабочей зоне является использование автономных кондиционеров, которые охлаждают воздух, автоматически поддерживают заданную температуру, очищают воздух от пыли, уменьшают влажность или увеличивают ее, изменяют скорость движения воздушного потока и направляют его, обеспечивая его, обеспечивая наружной средой. Вентиляция является важнейшим средством, обеспечивающим нормальные санитарно-гигиенические условия в производственных помещениях. Расчет системы кондиционирования произведен в пункте 5.2.1.

Основным и опасным и вредным фактором на базовой станции является электромагнитное поле. Влияние на организм человека электромагнитных полей связана с поглощением их энергии тканями тела, причем основные воздействия оказывает электрическое поле. Воздействие электрического поля приводит к нарушениям в деятельности нервной и сердечно сосудистой системы, а также воздействия электромагнитного поля проявляется в виде теплового эффекта, что повышает температуру тела и приводит к местному перегреву отдельных тканей и органов со слабой терморегуляцией.

Операторы ЭВМ сталкиваются с воздействием таких физических опасных и вредных производственных факторов, как повышенный уровень шума, повышенная температура внешней среды, отсутствие или недостаток естественного света, недостаточная освещенность рабочей зоны, электрический ток, статическое электричество. Воздействие указанных факторов приводит к снижению работоспособности, вызываемое развивающимся утомлением.

5.1.3 Пожарная безопасность помещения базовой станции

Возможность возникновения пожарной ситуации на объектах связи не очень велика. Однако необходимость установки систем автоматического пожаротушения (АПТ) существует. Главная причина этого заключается в

дорогостоящем оборудовании, обслуживаемом на объекте, т.к. выход его из строя по причине какого-либо возгорания приведет к прерыванию передачи телефонных сигналов. Потеря трафика приведет к большому материальному ущербу. Из всего этого делаем вывод, что установка системы АПТ просто необходима. Дополнительно к АПТ во всех помещениях установлены ручные углекислотные огнетушители ОУ-5 и ОУ-8, во дворе здания вывешены щиты с необходимым для тушения инструментом а также плакатами с пояснениями [4].

Кроме установки АТП для предотвращения пожаров каждый год все работники сдают экзамен по технике безопасности, также принимаются дополнительные меры безопасности как то плакаты с напоминанием о необходимости осторожного обращения с огнем, выделенные места для курения и т.д.

Попадание воды в оборудование, используемое на станции для телефонии и передачи данных, может также привести к выходу его из строя. В таком случае установим в данное помещение систему противопожарной сигнализации, а систему АПТ установим в монтажном цеху, являющемся соседним помещением, где производится модернизация блоков питания, а также небольшие сварочные работы, которые являются пожароопасными.

Главной целью установки АПТ является быстрое тушение огня и невозможность его переброски в помещение с радиоэлектронным оборудованием.

В пожароопасных помещениях для тушения пожаров применяют спринклерные и дренчерные установки, которые приводятся в действие специальными извещателями.

5.1.4 Назначение молниезащиты.

В соответствии с назначением зданий и сооружений необходимость выполнения молниезащиты, 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 молниезащиты для базовой станции, находящуюся на территории площади Республики.

Основными защищаемыми объектами являются техническое здание, в котором размещается аппаратура и технический персонал, и антенна, установленная на высоте Н=31 м, расчет молниезащиты произведен в пункте 5.2.2

5.2 Технические решения обеспечения безопасности жизнедеятельности

5.2.1 Расчет кондиционирования

Расчет выполнен по методическому указанию [5] и СНиП РК 4.02-42-2006 [6]

Размеры помещения $3.5 \cdot 2.5 = 8.75$ м^2.

Расчет воздухообмена в операторских помещениях. Для поддержания нормальных микроклиматических условий в помещении управления станцией предлагается установка бытовых оконных кондиционеров Зима-лето. Для выбора кондиционера нужно для каждого помещения рассчитать суммарные избытки тепла, в которые входят также выделяемое тепло от солнечной радиации, производственного освещения, работающих людей, оргтехники и т.д. Подбирают такие модели кондиционеров, которые в сумме по холодо-производительности дают такое же или несколько большее значение.

Избыточное тепло можно найти из выражения:

$$Q_{изб}=Q_{об}+Q_{л}+Q_{р}+Q_{осв}, \qquad (5.1)$$

где $Q_{об}$ - тепло, выделяемое оборудованием, кКал/ч.;

$Q_{л}$ - тепло, выделяемое людьми, кКал/ч.;

$Q_{р}$ - тепло, вносимое солнечной радиацией, кКал/ч.;

$Q_{осв}$ - тепло, выделяемое искусственным освещением, кКал/ч.

Для помещения базовой станции

площадь $S_{П}$=8,75 м^2 (3,5 м х 2,5 м) ;

высота потолков =3 м;

остекление, обеспечивающее средний уровень мощности солнечной радиации =35Вт;

количество, работающих людей =3чел;

оборудование - станционные терминалы =5ед;

мощность, потребляемая освещением =1560 Вт.

Значение тепла, выделяемого оборудованием $Q_{об}$ можно определить из выражения:

$$Q_{об}=n \times P_{об} \times \eta, \qquad (5.2)$$

где n - количество единиц оборудования=5ед;

$P_{об}$ - мощность, потребляемая терминалами 300Вт;

η - коэффициент перехода тепла в помещение - 20%.

$Q_{об}=5\times300\times0,2=300$ ккал/ч;

Значение тепла, выделяемого обслуживающим персоналом $Q_л$ можно определить из соотношения:

$$Q_л=n\times Q_ч \qquad (5.3)$$

где n - количество работающих людей =3 чел;

$Q_ч$ - тепло выделяемое одним человеком, определяется по графику тепловыделений человека при 25^0С для работников II категории и равно 100 ккал/ч.

$Q_л=3\times100=300$ кКал/ч.

Значение тепла, вносимого солнечной радиацией $Q_р$ можно принять равным 0, так как в контейнере базовой станции окон нет.

Значение тепла, вносимого искусственным освещением $Q_{осв}$ можно определить из соотношения:

$$Q_{осв}=\cos\varphi\times\eta\times P_{осв}, \qquad (5.4)$$

где $\cos\varphi$ - коэффициент =0,7;

η - коэффициент перехода тепла в помещение - 10%;

$P_{осв}$ - мощнность освещения =1560 кВт/ч.

$Q_{осв}=0,7\times0,1\times1560=33,6$ кКал/ч.

Рассчитаем общее избыточное тепло:

$Q_{изб}=300+300+0+33,6=633,6$ ккал/ч.

Исходя произведенных расчетов подбираем кондиционер, дающий такую же или несколько большую хладопроизводительность. Выберем модель кондиционера HITACHI RAC-5142CHV×2, который по холодопроизводительности дает такое же значение. Выбор зависит от экспликации помещений - плана помещений с указанием их площадей и их взаимного расположения.

Кондиционеры HITACHI - полностью укомплектованные и заправленные хладагентом системы. Их удобно использовать в тех случаях, когда в помещении мало свободного пространства и установка более сложных кондиционеров невозможна. Легко снимаемые воздушные фильтры эффективно очищают воздушный поток. В основе работы кондиционера лежит перемещение тепла сжиженным газом, который называют хладагентом, в процессе перехода его из жидкости в пар и обратно.

Технические характеристики HITACHI RAS-5142CH приведены в таблице 5.4

Таблица 5.4 - Технические характеристики HITACHI RAS-5142CH [7]

Электропитание	220-240 В; 50 Гц
Хладопроизводительность, кВт	3,60
Теплопроизводительность, кВт	4,65
Потребляемая мощность при охлаждении, кВт	1,29
Уровень шума (Н/С/В) внутреннего блока, дБ	35/39/44
Уровень шума наружного блока, дБ	51

5.2.2 Расчет молниезащиты

Расчет выполнен по методическому указанию [8] и СН РК 2.04-29-2005 [9]

Количество ожидаемых поражений молнией в год рассчитываем по формуле:

$$N=9\cdot\pi\cdot h\cdot n\cdot 10^{-6}, \qquad (5.5)$$

где h–наибольшая высота защищаемого объекта, равная 31 метрам;

n–число ударов в год молнии в 1 $км^2$ земной поверхности,

для n = 1.

Отсюда рассчитаем количество N:

$N = 9\cdot\pi\cdot 31\cdot 1\cdot 10^{-6} = 0{,}0009$.

Здание относится ко II категории; N≤1 – зона Б. Здание, 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, молниеприемника, токоотвода и заземлителя защиты от прямых ударов молнии. Металлическая башня РРС, высотой Н – 35 метров, является токоотводом, соединенным с заземлителем, а верхняя часть используется как молниеприемник.

Проще всего в качестве молниеприемника использовать конструкцию из полосовой стали. Для защиты молниеотвода от коррозии используем метод покраски.

Размеры молниеотвода следующие: площадь сечения 100 $мм^2$, длина 2000 мм.

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

h0 = 0,92 h.

r0 = 1,5 h.

$$rx = 1,5\ (h\text{-}hx\ /0,92), \qquad (5.6)$$

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.

$$h0 = 0,92h, \text{ где } h = h1 + h2, \qquad (5.7)$$

где h1 – высоты башни, равная 31 м;

h2 – высота молниеприемника 4,5м.

h = 35,5.

h0 = 0,92*35,5 = 32,66 м.

r0 = 1,5*35,5 = 53,25 м.

rx = 1,5 (35,5– 30/0,92) = 4,3м.

Высота подвеса антенны 30 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 молниезащиты III категории в качестве заземлителя используются рекомендуемые ПУЭ заземлители электроустановок действующей РРС.

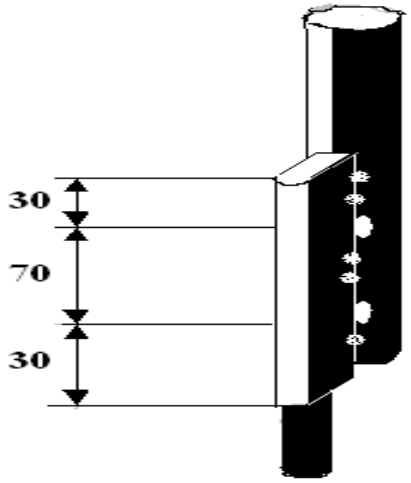


Рисунок 5.2 – Молния приемник

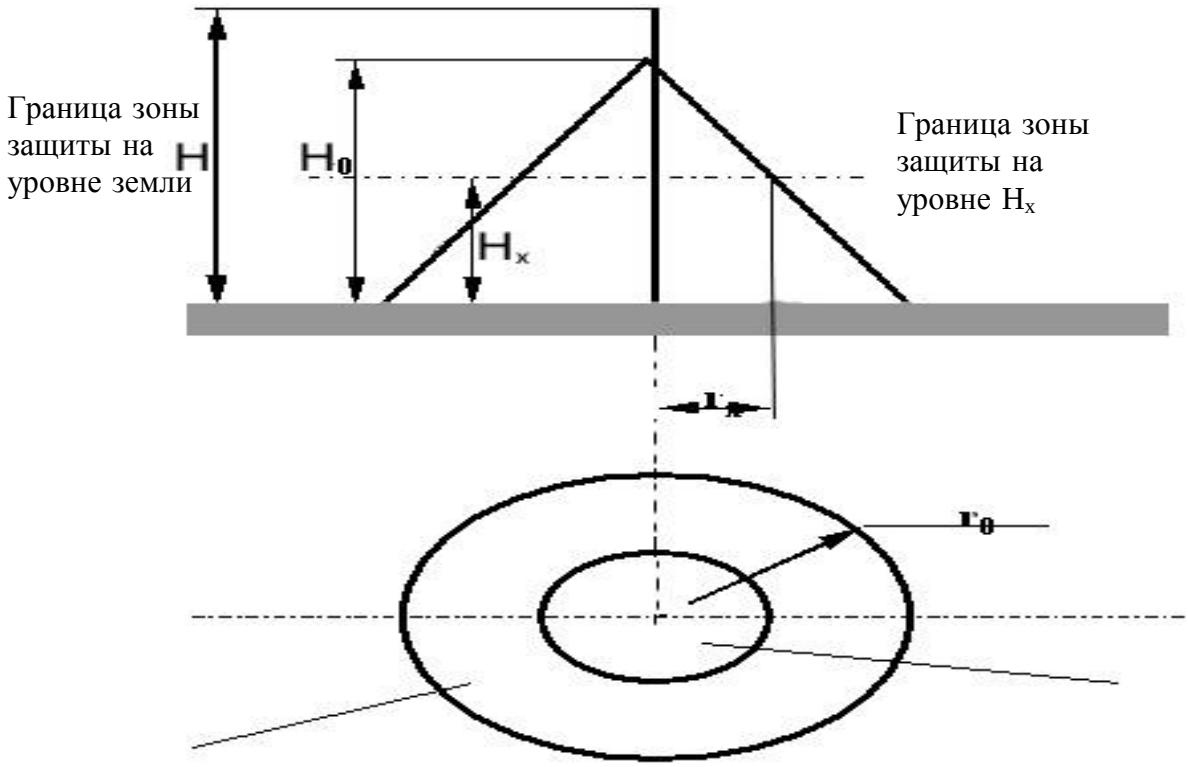


Рисунок 5.3 - Зона защиты

Конструкции молниеотводов. Опоры стержневых молниеотводов рассчитаны на механическую прочность как свободно стоящие конструкции, а опоры тросовых молниеотводов - с учетом натяжения троса и действия на него ветровой и гололедной нагрузки. Опоры отдельно стоящих молниеотводов выполнены из стали любой марки, железобетона или дерева. Стержневые молниеприемники изготовлены из стали любой марки сечением не менее 100 мми длиной не менее 200 мм и предохранены от коррозии оцинкованием, лужением или покраской. Тросовые молниеприемники выполнены из стальных многопроволочных канатов сечением не менее 35 мм. Соединения молниеприемников с токоотводами и токоотводов с заземлителями выполнены, как правило, сваркой, а при недопустимости огневых работ разрешается выполнение болтовых соединений с переходным сопротивлением не более 0,05 Ом при обязательном ежегодном контроле последнего перед началом грозового сезона. Токоотводы, соединяющие молнияприемники всех видов с заземлителями, выполнены из стали размерами не менее указанных в Таблице 5.5.

Таблица 5.5 - Токоотводы

Форма токоотвоодов и заземлителей	Снаружи здания на воздухе	В земле
Круглые токоотводы и перемычки диаметром, мм	6	-
Круглые вертикальные электроды диаметром, мм	-	10
Круглые горизонтальные* электроды диаметром, мм	-	10
Прямоугольные: сечением, мм	48	160
толщиной, мм	4	4

Только для выравнивания потенциала внутри зданий и для прокладки наружных контуров на дне котлована по периметру здания.

При установке молниеотводов на защищаемом объекте и невозможности использования в качестве токоотводов металлических конструкций здания токоотводы проложены к заземлителям по наружным стенам здания кратчайшими путями. Рекомендуемые конструкции и размеры сосредоточенных искусственных заземлителей приведены в таблице 5.6.

Таблица 5.6 - Тип заземлителя

	Тип заземлителя	Эскиз	Применимые размеры
1.	Железобетонный подножник		не меньше 1,8 м b не меньше 0,4 м l не меньше 2,2 м
2.	Железобетонная свая		d 0,25-04 м l не менее 5м
3.	Стальной двухстержневой, полоса 40х4 мм, стержни d = 10 - 20мм		t не менее 0,5 м l 3 - 5 c 3 - 5

Для обеспечения молниезащиты были выбраны круглые токоотводы и перемычки диаметром 6 мм, тип заземлителя - железобетонная свая, так как на здании уже присутствуют другие молниеприемники и для организации молниезащиты таких средств будет достаточно.

В разделе «Безопасность жизнедеятельности» выпускной работы произведены расчеты кондиционирования и молниезащиты. Был произведен анализ помещения базовой станции, и показаны основные опасности для человека.

Микроклимат производственных помещений определяют следующие параметры: температура воздуха в помещении; относительная влажность воздуха; скорость его движения. Эти параметры по отдельности и в комплексе влияют на организм человека, определяя его самочувствие.

Для поддержания самочувствия инженеров был установлен кондиционер фирмы Hitachi.

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, рассмотрели систему молниезащиты для базовой станции, находящуюся на территории площади Республики.

6 БИЗНЕС-ПЛАН

6.1 Описание проекта

Последние десятилетия информационные и коммуникационные технологии (ИКТ) в обществе занимают все более прочные позиции, проникая не только в повседневную жизнь населения, но и практически во все сферы экономической и социальной отраслей. Развитые и многие развивающиеся страны, осознавая важность информатизации общества и развития информационно-коммуникационных технологий в определении долгосрочного экономического роста, принимают активные позиции в развитии сектора ИКТ как одного из ключевых направлений государственной политики. Как и другие страны мира, Казахстан развивается в условиях информационного общества, которое характеризуется быстрыми изменениями, перемещением бизнеса и конкуренции в Интернет. В данной статье рассматривается подход зарубежных стран к развитию сектора ИКТ, приводится анализ текущего состояния сектора ИКТ в Казахстане, назревшие проблемы препятствующие системному осуществлению автоматизации деятельности государственных органов. В решение возникших проблем представляется новая модель информатизации государственных органов с элементами IT аутсорсинга и технологий «облачных вычислений».

Существующая сеть GSM компании «ALTEL» покрывает значительную часть Республики Казахстан. Целью компании является наиболее полное и с высоким качеством удовлетворение потребностей населения в передачи различных видов информации с использованием достижений НТП. Как никогда ранее рынок сотовой связи GSM формируется самими клиентами, причем не только коммерческими структурами, но и частными абонентами, которые используют мобильные телефоны для персональной связи и в собственное удовольствие.

Согласно статистическим данным в городе Хромтау проживает около 25000 человек, большой процент из которых (порядка 40 %) составляют люди приехавшие в командировку, которые являются потенциальными клиентами сотовой связи. Большой процент из этой группы составляют потенциальные пользователи дополнительных услуг WAP, GPRS, MMS,

В данном дипломном проекте будет рассмотрена целесообразность установки базовой станции стандарта GSM 1800.

6.2 Цель проекта

Цель данного проекта освоение нового стандарта GSM 1800, в данном проекте будет рассчитан план освоения этого диапазона, по средствам одной базовой станции Huawei BTS3900 и радиорелейного оборудования Huawei

Mini Link-E. В соответствии с проектом будет установлена базовая станция стандарта GSM 1800 и будет рассмотрена экономимическая обоснованность использования этого диапазона.

Установка в г. Хромтау базовой станции позволит поднять уровень качества предоставляемых услуг (как основных, так и дополнительных), что невозможно на данный момент вследствие оборудования, не рассчитанного на такую нагрузку. Т.о. данное расширение сети в перспективе привлечет большое число новых абонентов, что естественным образом скажется на доходах кампании.

Диапазон GSM 1800 дает 314 частот, это почти в шесть раз больше чем даёт GSM 900.

6.3 Маркетинг

В сфере телекоммуникаций всегда есть, как минимум, два действующих лица: пользователь (абонент), которому требуются услуги связи, и оператор сети, который эти услуги предоставляет. Новые технологии и услуги связи должны удовлетворять требования пользователей к качеству и разумной цене, предоставляемых услуг, иначе их внедрение обречено на неудачу [1].

Сотовая связь стоит пользователю от 15 долларов в месяц, в зависимости от набора пакета услуг, длительности разговоров, а покупка самого телефона обходиться от 45 до 200 долларов.

Больших затрат потребует приобретение оборудования для базовой станции и организация ее бесперебойной работы.

6.4 Услуги

Компания Алтел предоставляет услуги, идентичные европейскому стандарту, то есть сотовой компании поколения 3G, на данный момент компания может предоставить следующие услуги:

- передачу голоса;
- передача факсимильных сообщений;
- переадресацию вызова, автодозвон и ожидание вызова.
- автоматическую регистрацию продолжительности телефонных разговоров;
- голосовую почту;
- конференцсвязь до 6 абонентов одновременно;
- доступ в internet через GPRS;
- передачу информации через sms, mms;
- определение номера.

Также она ведет активную работу в продвижении нового стандарта 3G, который позволит пользователю использовать не только услуги,

перечисленные выше, но и новые, такие как передача потокового видео (видео-звонок).

6.5 Расчёт технико-экономических показателей

Расчёт технико-экономических показателей выполняется в определённой последовательности, и включает следующие этапы:

- расчёт капитальных затрат на приобретение оборудования и ввода его в эксплуатацию;
- расчёт годовых эксплуатационных расходов;
- расчёт годовых доходов;
- расчёт показателей экономической эффективности.

С целью сопоставления эффекта и затрат, в общую сумму капитальных вложений входят:

- затраты на приобретение оборудования (его стоимость);
- затраты на его транспортировку;
- затраты на монтаж оборудования и его настройку;
- затраты на линейные сооружения и системы передачи.

Строительство гражданских сооружений не предусматривается, так как разработанное устройство будет располагаться в существующем здании, на площади пригодной для размещения устройства данного типа и отвечающей требуемым нормам.

6.5.1 Расчёт капитальных затрат на приобретение оборудования и ввода его в эксплуатацию.

Цены на оборудование фиксированные цены для базовой станции HUAWEI BTS 3900

Закупка оборудования осуществляется по ценам, представленным в таблице 6.1. Кроме цены на оборудования в размер капитальных вложений входят затраты на транспортировку оборудования, монтаж, предварительную настройку и другие статьи. Транспортные расходы составляют 5% от стоимости оборудования.

Таблица 6.1 – Сводка цен на приобретение оборудования [приложение В]

Наименование оборудования	Стоимость оборудования, тыс.тенге.	Количество оборудования, шт.	Стоимость с учетом транспортных расходов, тыс.тенге.
Базовая станция Huawei BTS	7 000	1	7 350
Распределительный кабинет	500	1	525
Антенна Katherine K730380	150	3	472.5
Комплект аккумуляторов	100	1	105
Комплект кабелей питания и фидеров	80	2	168
Радиорелейная система MINILINK-E	1 500	1	1 575
Стоимость всего оборудования, тыс. тенге			10195.5

Стоимость монтажа составляет 10% от стоимости оборудования (монтажные работы выполняет компания подрядчик), тогда

$$К_{МОНТ} = 0{,}1 \cdot К_{ОБОР}, \text{ тыс. тг.} \quad (6.1)$$

$$K_{МОНТ} = 0{,}1 \cdot 1019.55 = 1019.55 \text{ тыс. тг.}$$

Общие капитальные затраты:

$$К = К_{ОБОР} + К_{МОНТ}, \text{ тыс. тг.} \quad (6.2)$$

$$K = 10195.5 + 1019{,}55 = 11\ 215{,}05 \text{ тыс. тг.}$$

6.5.2 **Расчет эксплуатационных расходов**

Внедрение достижения научно – технического прогресса, сопровождающего улучшения качества и надежности работы средств связи, невозможно без планомерной подготовки и повышения квалификации работников связи основных категорий.

Определим количество работников, их заработную плату за месяц и за год, результат сведем в таблицу 6.2:

Таблица 6.2 – Оплата труда производственного персонала

Наименование должностей и профессий	Всего человек	Месячный оклад	Основная заработная плата работников в месяц	Годовой ФЗП
Инженер-энергетик	2	223619	447238	5356860
Инженер-трансмиссии	2	223619	447238	5356860
Инженер BSS	2	256619	513238	6158856
Инженер планировщик	1	301386	301386	3616632
Старший инженер	1	301386	301386	3616632
Итого	8		2010486	24125832

Расходы по заработной плате определяются по следующей формуле:

где ФОТ-фонд оплаты труда (основная и дополнительная заработная плата); Осн - социальный налог 11% ФОТ.

$$ФОТ = ФОТ_{осн} + ФОТ_{доп}\ , \qquad (6.3)$$

$$ФОТ_{осн} = ЗП \cdot 12\ , \qquad (6.4)$$

$$ФОТ_{осн} = 2010486 \cdot 12 = 24125832 \text{ тенге} \quad .$$

В годовой фонд оплаты труда включается дополнительная заработная плата (работа в праздничные дни, сверхурочные и т.д.) в размере 10% от основной заработанной платы:

$$ФОТ_{доп} = Ф_{осн} \cdot 0{,}1, \qquad (6.5)$$

В результате получаем фонд оплаты труда:

$$ФОТ = 24125832 + 2412583 = 26538415 \text{ тенге.}$$

Отчисления на социальные нужды составляет 11% от фонда оплаты труда без учета пенсионных отчислений, и рассчитываются по формуле:

$$O_{сн} = (ФОТ - ПФ) \cdot H_{сн}, \quad (6.6)$$

где ПФ – отчисления в пенсионный фонд, которые составляют 10 % от ФОТ и социальным налогом не облагается:

$$ПФ = 26538415 \cdot 0{,}1 = 2653841{,}5 \text{ тенге.}$$

Тогда отчисления по социальному налогу составляют:

$$Ос = (26538415 - 2653841{,}5) \cdot 0{,}11 = 2627303{,}085 \text{ тенге.}$$

На систему связи по существующему положению в настоящее время норма амортизации $Н_А$ на оборудование составляет 25% от стоимости всего оборудования. Таким образом амортизационные отчисления А составляют:

$$A = \frac{H_A \cdot K_{ВЛ}}{100\%}, \quad (6.7)$$

$$A = \frac{25\% \cdot 11\,215{,}05}{100\%} = 2803{,}76 \text{ тыс. тенге}$$

Расчет затрат на электроэнергию на технологические нужды включает в себя расход на дополнительное оборудование:

$$З_{эл.эн} = З_{эл.эн.обор} + З_{доп.нуж}, \quad (6.8)$$

$$З_{эл.эн.обор} = W \cdot T \cdot N \cdot S \quad (6.9)$$

где W – потребляемая мощность, W=3800 Вт;
T – время работы, T=8760 ч/год;
N – количество оборудования (используется 1 активное оборудование);
S – тариф, (0.009 тг/Ватт).

$$З_{ЭЛ.ЭН.ОБОР.} = 3800 \cdot 8760 \cdot 0{,}009 = 299{,}592 \text{ тыс. тенге/год,}$$

Затраты на дополнительные нужды (т.е., например для подключения оборудования мониторинга и диагностики, такого как ноутбук, спектроанализатор и т.д.) возьмем по укрупненному показателю 5% от затрат на оборудование:

$$З_{ДОП.НУЖ.} = 0{,}05 \cdot З_{ЭЛ.ЭН.ОБОР.} \quad (6.10)$$

$$З_{ДОП.НУЖ.} = 0{,}05 \cdot 299{,}592 = 14{,}98 \text{ тыс. тенге/год,}$$

Тогда:

$$З_{ЭЛ.ЭН} = 299{,}592 + 14{,}98 = 314{,}572.$$

Аренда за использование радиочастотного спектра составляет:

$А_{СРЧ}$=30200 тг. в год.

Расходы на материалы и запасные части составляют 0,5% от стоимости оборудования:

$$Э_М = 0{,}005 \cdot 11\ 215{,}05 = 56{,}075 \text{ тыс. тенге} \qquad (6.11)$$

Расходы на ремонт устройства в размере 5 % от стоимости устройства:

$$Э_{РЕМ} = К \cdot 0{,}05 \qquad (6.12)$$

$$Э_{РЕМ} = 0{,}05 \cdot 11\ 081{,}4 = 560{,}753 \text{ тыс. тенге}$$

Прочие затраты на производственные, транспортные, управленческие и эксплуатационно-хозяйственные расходы определяются укрупнёно в размере 10% от общей суммы затрат.

$$C_{ПР} = \frac{(ФОТ + А + З_{ЭЛ.ЭН} + Э_М + Э_{РЕМ} + О_{СН} + А_{СРЧ}) \cdot 10}{100} \qquad (5.13)$$

$С_{ПР}$= (26538,4+2803,76+314,572+56,075+ +560,753+ 2626,303 +30,2)·10%/100%

$С_{ПР}$= 3275,113тыс. тенге

Общие эксплуатационные расходы определяются по формуле:

$$Э = ФОТ + А + Зэл.эн + Э_М + Э_{РЕМ} + С_{ПР} + О_{СН} + А_{СРЧ}, \text{ тг} \qquad (5.14)$$

Э=26538,4+2803,76+314,572+56,075+560,753+ 3275,113 +30,2+1172,734 = 31979,123тыс. тенге

Результаты расчётов годовых эксплуатационных расходов сведены в таблицу 6.3.

Таблица 6.3 – Эксплуатационные расходы

Вид затрат	Всего затрат, тыс. тенге
Затраты на оплату труда	26538,4
Амортизация, тыс. тенге	2803,76

Расходы на электроэнергию	314,572
Социальный налог 11 %	2620,373
Материалы и запасные части	56.075
Аренда за использование радиочастотного спектра	30,2
Расход на ремонт	560.753
Прочие	1159.903
Итого:	12758,935

6.5.3 Оценка доходов

Доходы от основной деятельности – доходы, получаемые предприятием связи за весь объем реализованных потребителем услуг связи по действующим тарифам .

В настоящее время в связи с дифференциацией тарифов по разным тарифным планам, доходные таксы также дифференцируются по характеристикам подключенного пакета.

Сумма доходов определяются следующим образом:

$$Д_c = (Д_m + Д_o + Д_{м/н} + Д_{дво}), \qquad (6.13)$$

где $Д_o$- доходы от абонентов основного тарифного плана;

$Д_m$- доходы от абонентской платы (категория абонентов – корпоративного подключения);

$Д_{м/г}$ – доходы от предоставления международных переговоров и услуг роуминга;

$Д_{дво}$ – доходы от дополнительных видов обслуживания (GPRS, WAP);

Доходы от абонентов основного тарифного плана определим на основе средней абонентской платы с одного абонента:

$$Д_o = t_i \cdot N_i \qquad (6.14)$$

где t_i – средняя оплата, производимая одним абонентом за разговоры;

N_i – число номеров данной группы.

$$Д_o = 1000 . \cdot 10000 . = 10000 \quad \text{тыс.тенге}$$

Тарифные доходы определяются на основании абонентской платы, в размере 1500 тг (исходя из закупочной стоимости SIM карты

$Д_S = 550$тг, подключения стандартных услуг $Д_{ус} \approx 550$ тг и текущего обслуживания $Д_{об} = 400$ тг).

$$Д_т = t_i \cdot N_i \qquad (6.15)$$

где t_i – абонентская плата за один номер;

N_i – число номеров данной группы.

$$Д_m = 1500. \cdot 10000. = 15000 \quad \text{тыс.тенге}$$

Доходная средняя такса от одного абонента за международные переговоры на основании пересчета общего времени международных переговоров в размере $t_o \approx$ 93 ч по текущему состоянию в Алматы, стоимости 1 мин. у поставщиков международных потоков в размере $K_п \approx 111$ тг и проектируемого расширения до N=6000 абонентов составляет:

$$Д_{м/н\,fab} = \frac{t_o \cdot K_n}{N} = \frac{93\,ч \cdot 111 \cdot 60.}{6000} = 103.23 \quad \text{тг}$$

$$Д_{м/н} = 6000 \cdot 103.23 \cdot 12 = 7433 \quad \text{тыс.тенге}$$

Доход от предоставления населению дополнительных видов обслуживания составляет 30% от доходов с основного тарифного плана.

$$Д_{дво} = 10000. \cdot 0{,}3 = 3000 \quad \text{тыс.тенге}$$

Доходы будут равны:

$$Д_c = 10000 + 15000 + 7433 +$$
$$+ 3000 = 35433 \quad тыс.тенге$$

5.6 Расчет срока окупаемости и абсолютного экономического эффекта

Для расчета срока окупаемости необходимо определить чистый доход и доход предприятия после налогообложения.

Чистый доход предприятия определим по формуле:

$$D_{ЧИСТ.} = D - \sum Э \qquad (6.16)$$

$$D_{ЧИСТ.} = 35433 - 31979{,}123 = 3453.877 \text{ тыс. тенге}$$

Ставка корпоративно-подоходного налога в бюджет составляет 20% от чистого дохода предприятия. Следовательно, чистый доход предприятия после налогообложения составит:

$$D_{ЧИСТ.Н.} = 0{,}8 \cdot D_{ЧИСТ} \qquad (6.17)$$

$$D_{ЧИСТ.Н.} = 0{,}8 \cdot 3453.877 = 2763.1016 \text{ тыс. тенге}$$

С помощью формулы (5.18) учтем дисконтирование:

$$D_{ЧИСТ.Н.ДИСК.} = \frac{D_{ЧИСТ.Н.}}{(1+\alpha)^{\beta}} \qquad (6.18)$$

где α - ставка дисконта (принимаем 0,1);
β - номер периода (года).

$$D_{ЧИСТ.Н.ДИСК.2014} = \frac{2763.1016}{(1+0{,}1)^{1}} = 2452.411 \text{ тыс. тенге}$$

Нормативный (плановый) срок окупаемости (возврата) капитальных вложений характеризует период времени в годах, в течение которого вложенные средства полностью возместятся прибылью, получаемой в соответствии с нормативным коэффициентом абсолютной экономической эффективности.

Условие эффективности имеет вид:

$$T_Р < T_Н; E_Р > E_Н \qquad (6.19)$$

где $T_н$ – нормативный срок окупаемости ($T_н$=5 лет);
$E_н$ – нормативная абсолютная экономическая эффективность.

Определим срок окупаемости проекта:

Абсолютная экономическая эффективность (АЭЭ) определяется как отношение чистого дохода ($D_{ЧИСТ}$) к стоимости капитальных вложений (К):

$$АЭЭ = D_{ЧИСТ} / К \qquad (6.20)$$

$$T_Р < T_Н; E_Р > E_Н$$

$$АЭЭ = 2763.1016 / 11215,05 = 0,25$$

Умножив на сто, получим 25%

Расчетный срок окупаемости определяется как величина, обратная абсолютной экономической эффективности:

$$T_{ок} = 1/АЭЭ \qquad (6.21)$$

$$T_{ок} = 1/ 0,25 = 4 \text{ года}$$

Итак, вложенные в данный проект средства окупятся уже через 1,29 года после вложения. Все полученные результаты сведены в таблице 6.4.

Таблица 6.4 – Доходы, получаемые за счет предоставления услуг

Наименование статей	Период
	2014
Количество абонентов на конец года	11000
Среднегодовое число абонентов	10000
Доходы от абонентов основного тарифного плана, тыс. тенге	1000
Тарифные доходы, тыс. тенге	15000
Доходы от международных звонков, тыс. тенге	7433
Доход от ДВО, тыс. тенге	3000
Совокупный доход D, тыс. тенге	35433
Чистый доход $D_{ЧИСТ}$, тыс. тенге	3453.877
Чистый доход после налогообложения $D_{ЧИСТ.Н.}$	2763.1016
Чистый дисконтированный доход $D_{ЧИСТ.Н.ДИСК.}$	24452.411

Заключение

В выпускной работе рассматривалась проектирование многоканальной связи в городе Хромтау, был проведен анализ различных технологий, были произведены расчеты дальности связи, детально рассмотрено распределение каналов, показатели качества системы. Отдельно рассматривались некоторые вопросы техники безопасности и экономической эффективности.

Для реализации сети третьего поколения к оборудованию предъявляются следующие требования: соответствие используемого оборудования требованиям стандартов, использование сертифицированного в РК оборудования, использование оборудования известных производителей. Выбранное оборудование, компании Huawei, отвечает всем этим требованиям, что позволит реализовать систему, которая обладает широким спектром возможностей, удовлетворяющих различные запросы клиентов.

В дипломном проекте был произведен расчет зоны покрытия и нагрузки на сеть. Был произведен расчет нагрузки на одну базовую станцию, согласно которой была спроектирована сеть для всего города с учетом рельефа и других видимых препятствий.

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.

Для реализации проекта первоначально потребуются большие капитальные затраты, но при эксплуатации станции они окупятся за 4 года, вследствие малых эксплуатационных расходов: затрат по труду, на электроэнергию, уменьшение расходов на материалы и запасные части, низкие нормы амортизационных отчислений. При этом доходы без изменения тарифов за услуги связи могут меняться по причине предоставления абонентам большого числа услуг и лучшего качества телефонной связи.

Список литературы

1. Портной С.Л. Теоретико-информационные основы систем широкополосного беспроводного доступа. М. 2004 г – 541 с.
2. Шахнович И. Стандарт широкополосного доступа IEEE 802.16 для диапазонов ниже 11 ГГц – ЭЛЕКТРОНИКА: НТБ, 2005г., №1, С. 20
3. Шахнович И. Стандарт широкополосного доступа IEEE 802.16-2004 Режим OFDMA и адаптивные антенные системы. Ж. ЭЛЕКТРОНИКА: НТБ, 2005 г., №2, С.44
4. Шахновис И. Сети городского масштаба. Ж. ЭЛЕКТРОНИКА НТБ, 2003 г. №8, С.51
5. Шахнович И. Широкополосная мобильность: IEEE 802.16e. Ж. ЭЛЕКТРОНИКА НТБ, 2007 г. №2, С.18
6. Бектыбаев Т.К. Расчет параметров качества передачи речевого сигнала в сетях с пакетной коммутацией. Методические указания к выполнению контрольных работ (для студентов специальности Сети связи и системы коммутации 5 курса всех видов формы обучения) – Алматы: АИЭС, 2007 – 11 с.
7. Баклашов Н.И., Китаева Н.Ж., Терехов Б.Д. Охрана труда на предприятиях связи и охрана окружающей среды. – М.: Радио и связь, 1998.
8. Кошулько Л.П., Суляева Н.Г., Генбач А.А. Производственное освещение. Методические указания. – Алматы:АИЭС, 1998. – 23 с.
9. Белов С.В. Безопасность Жизнедеятельности. Москва. Высшая школа, 2007. - 616 с.
10. Охрана труда: Учебник / Под ред. Б.А. Князевский. – М.: Высшая школа, 1997. – 311 с.
11. Хакимжанов Т.Е. Расчет аспирационных систем. Методические указания к выполнению раздела в дипломных проектах. Алматы: АИЭС, 2007
12. Горобец А. И. Охрана труда в радиоэлектронной промышленности, - Киев.: Техника, 1987. – с. 135
13. Анастасиев П. И., Зеленецкий М. М., Фрлов Ю. А. Молниезащита зданий и сооружений. – М.: Энергия, 1996. – 120 с.