МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество
АЛМАТИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ

кафедра Телекоммуникационные системы

«Допущен к защите»
Заведующий кафедрой ТКС
к.т.н. Шашкетов Д.Р.
(Ф.И.О., ученая степень, звание)
_____ «_____» _____ **20__ г.**
(подпись)

ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

На тему: Исследование возможности организации системы транкинговой связи для служб безопасности курорта „Кок-Жайлау"

Специальность Радиотехника, электроника и телекоммуникации

Выполнил (а) Рысбаев А.К. МТСу-10
(Фамилия и инициалы) группа

Научный руководитель Клочковская Л.П.
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)

Консультанты:
по экономической части:
_____
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
_____ «_____» _____ 20___ г.
(подпись)

по безопасности жизнедеятельности:
Манабаева С.Е. ст. преп.
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
_____ «16» 06 2014 г.
(подпись)

по применению вычислительной техники:
ст. преп. Арлюкин А.В.
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
_____ «18» 06 2014 г.
(подпись)

Клочковская Л.П. ст. преп.
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
_____ «20» 06 2014 г.
(подпись)

Нормоконтролер: ст. преп. Кенжебаева А.П.
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
_____ «18» 06 2014 г.
(подпись)

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

Алматы 2014 г.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество

АЛМАТИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ

Факультет Заочного обучения и переподготовки специалистов
Специальность Радиотехника, электроника и телекоммуникации
Кафедра Телекоммуникационные системы

ЗАДАНИЕ

на выполнение дипломного проекта

Студент Рысбаев Алмас Кыдырбекович
(фамилия, имя, отчество)

Тема проекта Исследование возможности организации сотовой транковой связи для служб безопасности курорта «Кок-Жайык»

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

Срок сдачи законченной работы «25» 05 2014 г.

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

Диапазон частот: БС передача 415,5 МГц, прием 409,5 МГц; АС передача 409,5 МГц, прием 415,5 МГц.
Алматинская область Туркенское ущелье-горная местность

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

Обзор сотовых транковых радиосвязи
Анализ стандартов транковой радиосвязи
Расчет стандартной емкости связи
Расчет и выбор мощности передатчиков БС
Расчет уровня суммарного шума в точке приема
Выбор цифрового стандарта транковой связи для реализации проекта

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)

Транкинговая система с централизованной коммутацией
Архитектура сети TETRA
Окно работы программы Delphi
Зависимость направляющего коэффициента ослабления от среднего колебания местности
Зависимость напряженности поля от расстояния при различных высотах подвеса передающей антенны.
Обобщенная структура транкинговой системы с распределенной многозоновой коммутацией

Рекомендуемая основная литература

Громаков Ю.А. Стандарты и системы подвижной радиосвязи. – М.: Радиосвязь, 2011
Карташевский В.Г. и др. Сети подвижной связи. – М.: Эко Трендз, 2011
Соколов А.В., Адрианов В.И. Альтернативы сотовой связи: транкинговые системы. – СПб.: БХВ-Петербург: Ар.Лит, 2002.
Гринюк А.Ф., Мелешев С.В., Орлов С.И. TETRAPOL: взгляд снаружи и вид изнутри. – М.: Радиосвязь, 2014.

Консультанты по проекту с указанием относящихся к ним разделов

Раздел	Консультант	Сроки	Подпись
БЖД	Ламанбаев С.Б.	23.04-16.06	
ст. преп. Вып. техн.	Артюхин А.В.	13.06.17	
ст. преп. Нормоч	Кондратьев А.И.	16.06.17	

Г Р А Ф И К
подготовки дипломного проекта

№ п/п	Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления руководителю	Примечание
1	Обзор систем транкинговой радиосв.	20.03-30.03.14	
2	Анализ стандартов транкинговой радиосвязи	31.03-10.04.14	
3	Расчёт ожидаемой дальности связи	11.04-23.04.14	
4	Расчёт уровня суммарного шума в точке приёма	24.04-11.05.14	
5	Расчёт мощности передатчика БС	11.05-20.05.14	
6	Анализ экономической эффективности проекта	20.05-25.05.14	
7	Безопасность жизнедеятельности	25.05.2014	

Дата выдачи задания «10» 10 2013 г.

Заведующий кафедрой _____ к.т.н. Шахматов Д.Р
(подпись) (Фамилия и инициалы)

Руководитель _____ ст.преп. Клочковская Л.П
(подпись) (Фамилия и инициалы)

Задание принял к исполнению
студент _____ Рысбаев А.К.
(подпись) (Фамилия и инициалы)

Аңдатпа

Дипломдық жоба мәліметте Алматы облысының Ассысының қорықтағы байланыстың транкинговой желісін жасауын мүмкіндігі зерттеген. Радиобайланыстың транкинговойының жүйелері, байланыс және олардың қасиетінің транкинговойының желілерінің жұмыс принциптары классификация қарап шыққан. Радиобайланыстың желілерінің транкинговыхы әдістер және құрастырудың қағидалары талқыланған. TETRAның байланысының цифрларға транкинговойы стандарт толық сипатталған.

Есеп айырысу бөлімде транкинговойдың байланыстың күтілетін алыстығы және негізді станцияның хабарлағышының ұтымды қуатының есептеуі жасалған.

Аннотация

В данном дипломном проекте исследованы возможности организации сети транкинговой связи на курорте Кок-Жайляу в заповеднике Ассы Алматинской области. Рассмотрены классификация систем транкинговой радиосвязи, принципы работы сетей транкинговой связи и их свойства.

Изучены методы и принципы построения транкинговых сетей радиосвязи . Подробно описан стандарт цифровой транкинговой связи TETRA. В расчетной части произведен расчет ожидаемой дальности связи и оптимальной мощности передатчика базовой станции транкинговой сети.

В экономической части произведен расчет экономической эффективности проект.В разделе «Безопасность жизнедеятельности» произведен анализ условий труда, сделаны расчеты искусственного освещения и тепловыделения от искусственного освещения.

Abstract

In this research project explored the possibility of organizing network trunking resort Kok-Zhailau in the reserve assy Almaty region. Classification systems trunking radio, work principles of trunking communication networks and their properties. Studied the methods and principles of construction trunked radio communications networks . Detail the standard digital TETRA trunking communication. In the computational part of the calculation of the expected range of communication and optimal power of the transmitter base station trunk network.In the economic part of the calculation of economic efficiency of the project.

In the section "safety" the analysis of working conditions, estimates are made of artificial lighting and heat dissipation from artificial lighting.

Содержание

Введение 9
1 Анализ систем транкинговой радиосвязи 10
1.1 Принципы работы сетей транкинговой связи 10
1.2 Преимущества сетей транкинговой связи 12
1.3 Принципы построения транкинговых сетей радиосвязи 14
1.4 Услуги сетей транкинговой связи 20
1.5 Анализ стандартов транкинговой связи 26
2 Расчет ожидаемой дальности связи и оптимальной мощности 36
передатчика базовой станции транкинговой сети 36
2.1 Основы методики расчета
2.2 Исходные данные для расчета 38
2.3 Расчет дальности связи в направлении МС – БС 39
2.4 Определение оптимальной мощности передатчика БС 47
3. Бизнес план 56
3.1 Резюме 56
3.2 Компания и отрасль 56
3.3 Описание продукции 56
3.4 Анализ рынка сбыта 57
3.5 Менджмент 57
3.6 Стратегия маркетинга 58
3.3 Финансовый план 58
3.8 Расчет доходов 64
3.9 Оценка срока окупаемости проекта с учетом фактора времени 69
4 Безопасность жизнедеятельности 69
4.1 Анализ условий труда 69
4.2 Рациональная организация рабочего места оператора 75
4.3 Расчет тепловыделения от искусственного освещения 75
4.4 Расчет искусственного освещения 78
Заключение 75
Список литературы 76
Приложения 77

Введение

В национальном парке Иле-Алатау есть прекрасный уголок природы - Тургенское ущелье. Расстояние - 90 км от Алматы. Ущелье уходит вглубь на 44 км до огромного плато Ассы (2560 м). В древности здесь проходили караваны из Европы на восток - в Китай и Индию. Тургенское ущелье славится водопадами и реликтовыми Чин-Тургенскими моховыми ельниками, произростающими на вечной мерзлоте, хвойными и смешанными лесами, альпийскими и субальпийскими лугами, озерами и родниками, лекарственными растениями и ягодами.

В значительном количестве в Тургеньском ущелье встречаются сухолюбы: клён Семенова, дикий урюк, кургавка Мушкетова. Если в Есикском ущелье ельники покрывают склоны сплошь с 1350-1400 м, то в Тургеньском ущелье еловый пояс начинается с высоты 1650 м.

Плато Ассы, известное с древних времен как летнее пастбище, берет свое начало у реки Киши-Тургень. Плато расположено в пределах высот 2800-3200 метров. Здесь обнаружены признаки пребывания человека более чем 5000-летней давности, как кочевого, так и оседлого образа жизни.

В верхней части плато построена астрофизическая обсерватория, с одним из самых больших в мире телескопов. Высокогорное плато уходит на восток, по реке Ассы, и по рельефному значению имеет большие спортивные перспективы в плане создания горнолыжного курорта мирового уровня. Данный курорт Кок-Жайляу планируют сдать в эксплуатацию в декабре 2014 г.

Для технического персонала службы безопасности и работников горнолыжного курорта Кок-Жайляу необходимо организовать сеть транкинговой связи.

Транкинговые системы занимают особое место в семействе систем подвижной радиосвязи. Первоначально они разрабатывались для применения в масштабе предприятия с ограниченным спектром возможностей, но сегодня превратились в универсальные системы, предоставляющие богатый выбор телекоммуникационных услуг. Хотя их протоколы радиоинтерфейса и сетевая архитектура ориентированы в первую очередь на поддержание оперативной связи в "замкнутой" группе абонентов. Главным достоинством транкинговых систем является возможность интеграции разных служб (видов услуг) в рамках одной сети с минимальными (по сравнению с другими радиосистемами) материальными затратами. Именно это обеспечивает высокую популярность таких систем в корпоративном секторе рынка и позволяет им конкурировать с сотовыми сетями.

1 Анализ систем транкинговой радиосвязи

1.1 Принципы работы сетей транкинговой связи

Транкинговые системы занимают особое место в семействе систем подвижной радиосвязи. Первоначально они разрабатывались для применения в масштабе предприятия с ограниченным спектром возможностей, но сегодня превратились в универсальные системы, предоставляющие богатый выбор телекоммуникационных услуг. Хотя их протоколы радиоинтерфейса и сетевая архитектура ориентированы в первую очередь на поддержание оперативной связи в «замкнутой» группе абонентов, пожалуй, главным достоинством транкинговых систем является возможность интеграции разных служб (видов услуг) в рамках одной сети с минимальными (по сравнению с другими радиосистемами) материальными затратами. Именно это обеспечивает высокую популярность таких систем в корпоративном секторе рынка и позволяет им конкурировать со столь «модными» сегодня сотовыми сетями.

Современные системы транкинговой связи предназначены для построения локальных и многозоновых сетей, предоставляющих различные виды услуг при высоком качестве связи. В частности, поддерживаются речевая связь между абонентами и группами абонентов, доступ к ведомственным телефонным сетям (УПАТС), сетям общего пользования (ТфОП) и сетям передачи данных (телеметрия, аварийная сигнализация, цифровые данные). Более того, обеспечивая передачу информации GPS, они позволяют определить точное местоположение абонента.

Под термином «транкинг» понимается метод автоматического распределения каналов в сети, в состав которой входит несколько ретрансляторов. Транкинговый принцип установления соединений позволяет выделить абоненту или группе пользователей любой свободный в данный момент канал связи. В сетях транкинговой связи обеспечивается гораздо большая пропускная способность, чем в обычных, не использующих транкинговый принцип. Необходимо отметить, что концепция транкинга базируется на предложении, что каждый пользователь системы использует радиоканал лишь в течение относительно небольших интервалов времени. В этом случае, при том же количестве радиоканалов, что и в обычной сети вероятность одновременной занятости всех каналов системы относительно невелика. Поэтому, все современные профессиональные, ведомственные и корпоративные системы подвижной радиосвязи, которые базируются на принципе автоматического распределения свободных каналов, принято называть транкинговыми.

В конвенциональной системе все абоненты разбиты на группы, в каждой из которых связь обеспечивается на фиксированной частоте. Это означает, что определенная группа абонентов жестко закреплена за «своим» ретранслятором.

При таком способе организации связи на одних ретрансляторах образуется очередь, в то время как другие работают в холостую (рисунок 1.1).

Принципиальное отличие транкингового метода доступа состоит в том, что он основан на формировании единой очереди ко всем ретрансляторам, а управление этой очередью осуществляется транкинговым контроллером. В традиционных конвенциональных сетях радиосвязи такая возможность отсутствует. Так, не смотря на то, что три из пяти ретрансляторов свободны, они не могут обслуживать не закрепленные за ними абонентов. Теоретические расчеты и практические показывают, что использование транкинга позволяет увеличить загрузку каждого частотного канала не менее чем в 2 – 2.5 раза по сравнению с обычными сетями двухчастотного симплекса.

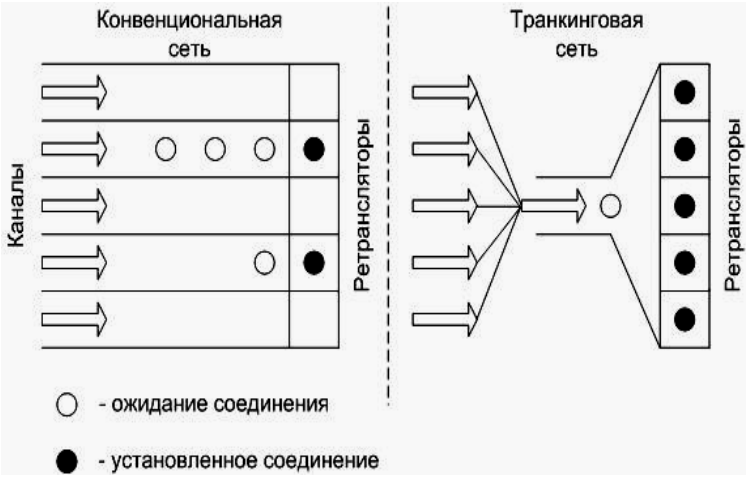


Рисунок 1.1 Сравнение принципов предоставления каналов в конвенциональных и транкинговых сетях

В настоящее время производителями радиооборудования выпускается огромное количество транкинговых систем разного типа. Всех их можно разделить по следующим параметрам:

По способу передачи голосовых сообщений:

аналоговые (SmarTrunk II, SmrLink, EDACS, LTR, MPT1327) ;

цифровые (EDACS, APCO 25, TETRA, TETRAPOL).

По организации доступа к системе:

без канала управления (SmarTrunk II);

с распределенным каналом управления (LTR, SmrLink);

с выделенным каналом управления (EDACS, MPT1327, , TETRA, APCO 25, TETRAPOL).

По способу удержания канала:

с удержанием канала на весь сеанс переговоров;

с удержанием канала на время одной передачи.

По конфигурации радиосети:

однозоновые (односайтовые) системы;

многозоновые (многосайтовые) системы.

По способу организации радиоканала: симплексные, полудуплексные, дуплексные

1.2 Преимущества сетей транкинговой связи

По сравнению с сотовыми системами:

возможность связи одновременно с несколькими абонентами (групповые вызовы);

высокая оперативность установления соединения (0,2–1 сек);

организация очередей к ресурсам системы при занятости и автоматическое соединение после появления возможности доступа;

доступ к системе исходя из установленных приоритетов и экстренное предоставление канала связи абоненту с более высоким приоритетом;

меньшие затраты на развертывание и эксплуатацию систем.

По сравнению с «обычными» системами радиосвязи:

экономия частотных ресурсов;

более высокий уровень сервиса – индивидуальные вызовы, приоритеты, интеграция с другими сетями;

возможность передачи цифровых данных;

покрытие связью больших площадей благодаря многозоновой конфигурации.

По сравнению с сетями персонального радиовызова (пейджинг):

двухсторонняя связь;

возможность передачи коротких сообщений (аналогичных пейджинговым) по транкинговым каналам, с использованием имеющегося оборудования.

Существующие в настоящее время системы мобильной связи, используемые для решения профессиональных задач, можно разделить на два основных класса:

PMR (Professional Mobile Radio) - профессиональные системы подвижной радиосвязи;

PAMR (Public Access Mobile Radio) - системы мобильной радиосвязи с общим доступом.

В отличие от PAMR систем, основным требованием к которым является обеспечение постоянной высокой пропускной способности и сопряжение с телефонной сетью общего пользования (ТФОП) большого числа абонентов, PMR системы должны отвечать ряду специфических требований. Характерной особенностью этих систем является одновременная работа большого числа абонентов либо на максимально возможной, либо на ограниченной проводимыми оперативными мероприятиями территории (крупная технологическая операция, мероприятия сил общественной безопасности, аварийная ситуация и т.д.). Рассмотрим требования к системам PMR подробнее.

Быстрый доступ к каналам и процесс установления соединений. Протокол эфирного интерфейса должен обеспечивать эту возможность, включая процесс синхронизации аппаратуры шифрования.

Обеспечение речевой и документальной связи между группами абонентов, решающих общие задачи.

Обеспечение связи в условиях повышенного уровня внешних шумов, что особенно актуально для подвижных объектов, в условиях чрезвычайных ситуаций и т.д.

Экономное использование частотного ресурса и количества базовых станций. Уменьшение числа базовых станций на единицу площади зоны покрытия приводит к меньшим за тратам на базовое оборудование, на инфраструктуру (меньше каналов сопряжения, технических помещений, систем электропитания и т.д.), а также на эксплуатацию и техническое обслуживание.

Защита от перегрузки. Постоянная готовность системы достигается установлением приоритетов, и управление ресурсами в сочетании с поддержкой открытого канала.

Координация действий нескольких служб в зоне обслуживания системы. Надежная круглосуточная связь, обеспечиваемая за счет многоуровневой архитектуры системы в сочетании с режимом резервирования.

Жизнеспособность системы при возникновении в ней нестандартных ситуаций. Передача данных, таких, как сигналы состояния системы, сообщений, доступ по протоколу TCP/IP, пакетный режим и интерфейс без установления соединения. В перспективе возможно наращивание приложений для передачи данных.

Безопасность связи, обеспечиваемая применением автоматического сквозного шифрования, аутентификации и дистанционного включения (выключения) абонентских терминалов.

Взаимодействие с действующими сетями, которое обеспечивается роумингом посредством межсистемных интерфейсов и SIM карт. Связь с внешними сетями. В системе должны быть предусмотрены шлюзы к таким сетям, как ТФОП, УАТС и сетям пакетной передачи данных (PDN).

Режим синхронного вещания (работа на общей частоте). Позволяет организовать селекторное совещание представителей различных служб, находящихся в зоне обслуживания различных базовых станций.

Это далеко не полный перечень имеющихся достоинств. И все же транк не является панацеей от всех бед. Наряду с транкинговыми системами имеется ряд пользователей, которым по разным причинам необходим сотовый телефон, кому-то достаточно пейджера, а ряд пользователей обходится (и будет обходиться) «обычными» системами связи.

Надо четко представлять, что транк не является универсальным решением всего множества задач радиосвязи. В любом, даже самом «транкинговом» государстве все равно остается ряд проблем, которые решаются другими системами связи, не имеющими ничего общего с транкинговыми.

К недостаткам транкинговых систем следует отнести:

низкую рентабельность при малом количестве абонентов;

относительно высокую стоимость оборудования (по сравнению с «обычными» системами радиосвязи);

потребность в линиях межзоновой связи (проводных, радиочастотных) и, как следствие, усложнение и удорожание развертывания;

потребность в профессиональном сервисном обслуживании.

1.3 Принципы построения транкинговых сетей радиосвязи

Принципы построения транкинговых сетей радиосвязи одни и те же для аналоговых и цифровых сетей. Сеть может быть очень большой и включать в себя большое количество абонентов, а может быть и небольшой с малым количеством абонентов. Может обслуживать одну зону (однозоновая система) или несколько (многозоновая система). Нам достаточно будет рассмотреть самую простую однозоновую систему для понятия принципа организации транкинговых сетей. Более сложные системы образуются путем совмещения в одну сеть нескольких «простых» сетей.

Системы транкинговой радиосвязи, представляющие собой радиально-зоновые системы подвижной УКВ радиосвязи, осуществляющие автоматической распределение каналов связи ретрансляторов между абонентами, являются классом систем подвижной связи, ориентированным, прежде всего, на создание различных ведомственных и корпоративных сетей связи, в которых предусматривается активное применение режима связи абонентов в группе. Они широко используются силовыми и правоохранительными структурами, службами общественной безопасности, транспортными и энергетическими компаниями различных стран для обеспечения связи подвижных абонентов между собой, со стационарными абонентами и абонентами телефонной сети.

Существует большое количество различных стандартов транкинговых систем подвижной радиосвязи общего пользования (СП -ОП), отличающихся друг от друга методом передачи речевой информации (аналоговые и цифровые), типом многостанционного доступа (с частотным разделением каналов (МДЧР), временным (МДВР) или кодовым (МДКР), способом поиска и назначения канала (с децентрализованным и централизованным управлением), типом канала управления (выделенный и распределенный) и другими характеристиками.

Основные архитектурные принципы транкинговых систем рассмотрим на обобщенной структурной схеме однозоновой транкинговой системы, приведенной на рисунке 1.2. Она состоит из базовой станции (БС) и помимо радиочастотного оборудования включает коммутатор, устройство управления и интерфейса различных внешних сетей.

К радиочастотному оборудованию относятся ретранслятор, антенна и устройство объединения радиосигналов.

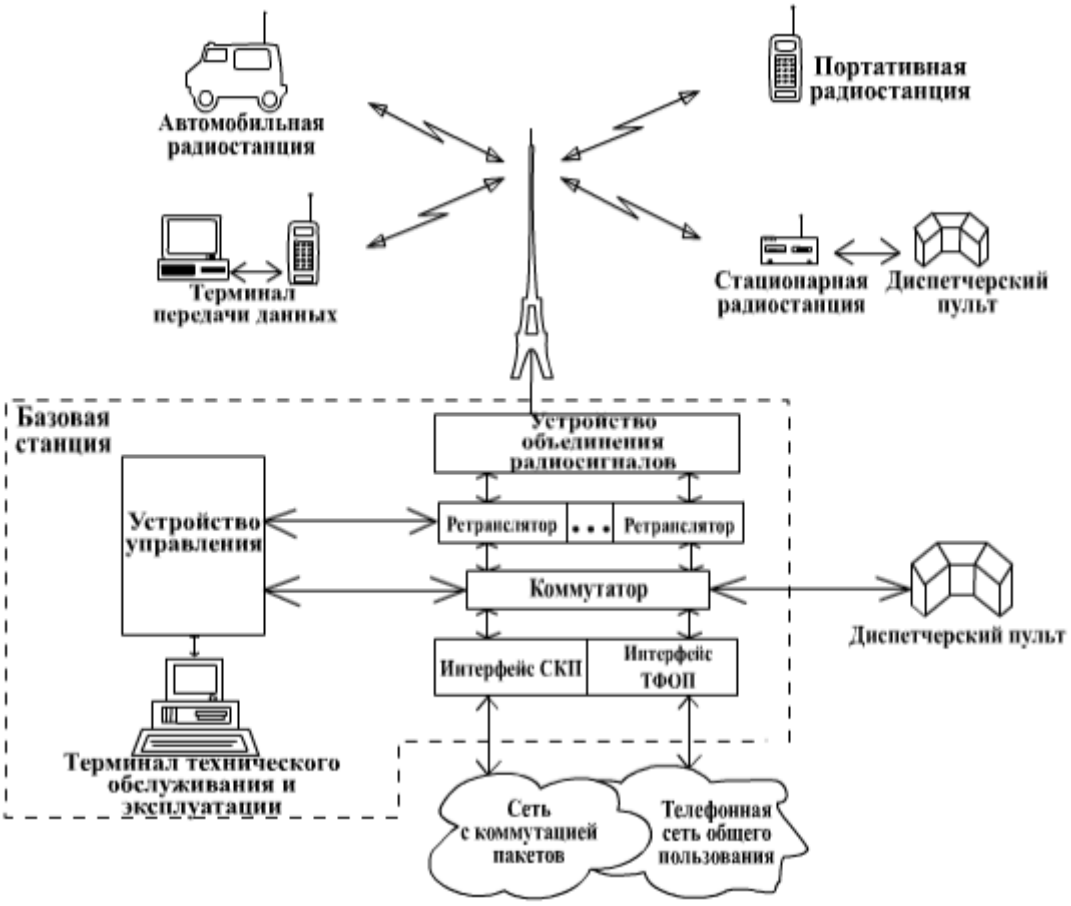


Рисунок 1.2 - Схема однозоновой транкинговой системы

Ретранслятор. Под ретранслятором в данном случае понимается набор приемопередающего оборудования, обслуживающего одну пару несущих частот. До последнего времени в подавляющем большинстве транкинговых систем одна пара несущих означала один канал трафика. Сегодня, с появлением систем стандарта TETRA и системы EDAS ProtoCAL, предусматривающих временное уплотнение, один ретранслятор может обеспечить два или четыре канала трафика.

Антенны. Важнейший принцип построения транкинговых систем заключается в том, чтобы создавать зоны радиоприкрытия настолько большими, насколько это возможно.

Поэтому антенны базовой станции, как правило, размещаются на высоких мачтах или сооружениях и имеют круговую диаграмму направленности. Разумеется, при расположении базовой станции на краю зоны применяются направленные антенны.

Базовая станция может располагать как единой приемопередающей антенной, так и раздельными антеннами для приема и передачи. В некоторых случаях на одной мачте может размещаться несколько приемных антенн для борьбы с замираниями, вызванными многолучевым распространением.

Устройство объединения радиосигналов позволяет использовать одно и то же антенное оборудование для одновременной работы приемников и

передатчиков на нескольких частотных каналах. Ретрансляторы транкинговых систем работают только в дуплексном режиме, причем разнос частот приема и передачи составляет от 45 МГц до 3МГц.

Коммутатор обеспечивает соединение как внутри сети, так и с внешними сетями.

Взаимодействие всех узлов БС осуществляет Устройство управления. Кроме того, оно обрабатывает вызова, осуществляет идентификацию вызывающих абонентов, устанавливает очередность вызовов, ведет учет времени для повременной оплаты, а также при необходимости регулирует продолжительность соединения с телефонной сетью.

Интерфейс СТОП реализуется в транкинговых системах различными способами. В недорогих системах (напр., SmarTrunk) подключение производится по двухпроводной коммутируемой линии. Более современные транкинговые системы имеют в составе интерфейса СТОП аппаратуру прямого набора номера DID (Direct Inward Dialing), обеспечивающую доступ к абонентам транкинговой сети с использованием стандартной нумерации АТС.Ряд транкинговых систем, претендующих на высокое качество обслуживания, использует цифровое ИКМ - соединение с аппаратурой АТС.

Соединение с СТОП является традиционным для транкинговых систем, но в последнее время все более возрастает число приложений, предполагающих передачу данных, в связи с чем, наличие интерфейса сети с коммутацией пакетов становится обязательным.

Терминал технического обслуживания (ТТО и Э) устанавливается обычно на базовой станции и предназначается для контроля за состоянием системы, диагностики неисправностей, учета тарификационной информации, внесения изменений в базу данных абонентов. ТТО и Э как правило, могут быть подключены через ТФОП или сеть с коммутацией пакетов.

В транкинговых системах могут быть установлены при необходимости и диспетчерские пульты (ДП), которыми, как правило, пользуются силовые ведомства, скорая медицинская помощь, пожарная охрана и т.д. Подключение ДП в систему возможно как по абонентскому радиосигналу, так и по внутренним линиям непосредственно к коммутатору БС. Транкинговая система может организовать несколько независимых сетей, поэтому в ней могут работать несколько ДП, различным образом подключенных к ней.

Самый широкий набор устройств в транкинговых системах, относится к абонентскому оборудованию. Из них наиболее многочисленными являются полудуплексные радиостанции, которые в наибольшей степени подходят для работы в замкнутых группах. Такие радиостанции в большинстве своем имеют ограниченные функциональные возможности и поэтому не имеют цифровую клавиатуру. Их пользователям достаточно связываться с абонентами внутри группы или посылать вызов диспетчеру. Некоторые полудуплексные радиостанции обладают более широкими функциональными возможностями и имеют цифровую клавиатуру, но при этом они заметно дороже.

В транкинговых системах в настоящее время все больше используется дуплексные радиостанции, обладающие большей функциональностью, по сравнению даже с сотовыми терминалами и позволяют осуществлять подключенное соединение с СТОП, а также обеспечивать групповую работу в полудуплексном режиме.

Абонентское оборудование выпускается не только в портативном, но и в автомобильном исполнении, в последних выходная мощность выше.

Новым классом абонентского оборудования являются терминалы передачи данных, которые представляют собой специализированные радиомодели, поддерживающие соответствующий протокол радиоинтерфейса. Для подключения ДП используются стандартные радиостанции, аналогичные автомобильным.

Современные транкинговые системы разрабатываются как многозоновые, их архитектура строится по двум принципам:

- с распределенной межзональной коммутацией (рисунок 1.2);
- с централизованной коммутацией (рисунок 1.3).

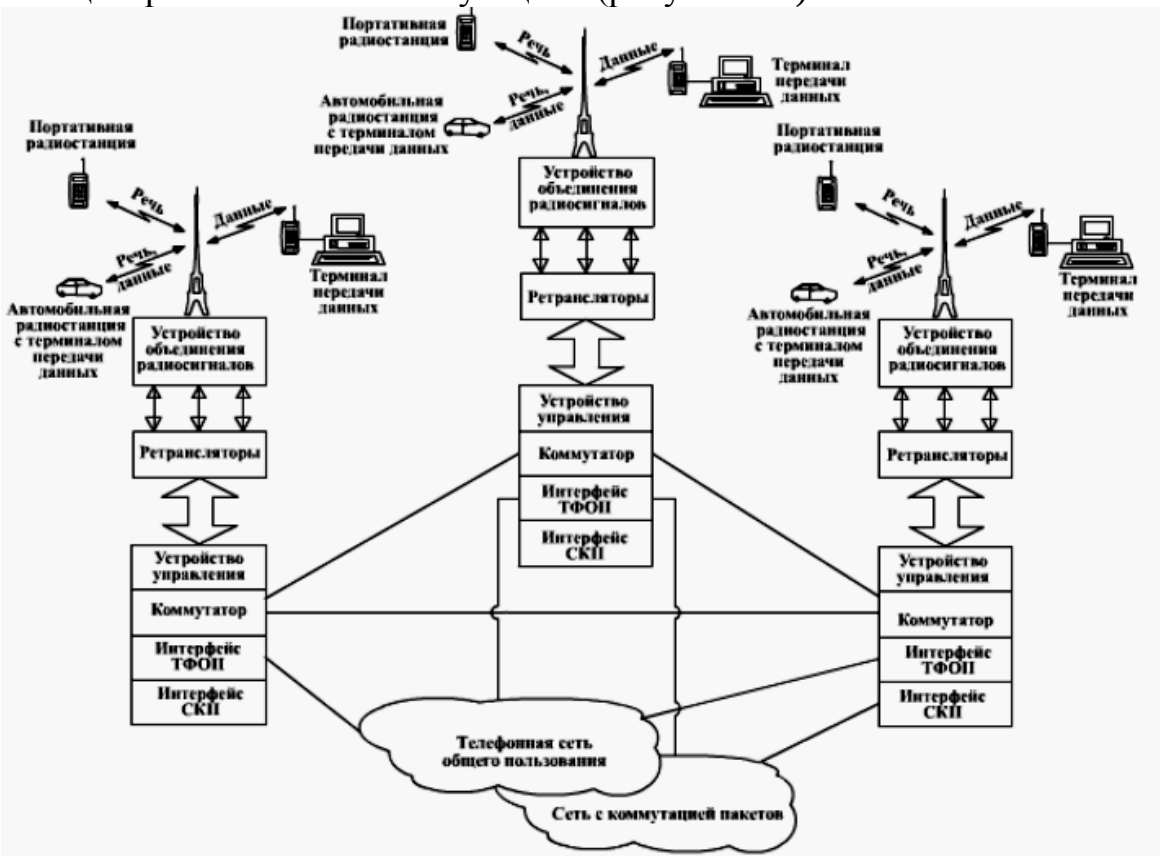


Рисунок 1.3 – Обобщенная структура транкинговой системы с распределенной межзональной коммутацией

Системы с распределенной межзоновой коммутацией. В этом случае каждая станция имеет собственное подключение к СТОП или сети с коммутацией пакетов. В таких системах управление большинством основных функций системы осуществляется непосредственно контроллерами базовых

станций. Подобная архитектура позволяет создавать системы небольшого размера с минимальными затратами. Это особенно важно на начальном этапе создания сети, когда она насчитывает 2–3 базовые станции с несколькими каналами. В дальнейшем при расширении системы может потребоваться более сложное и дорогое оборудование.

К достоинствам систем с распределенным управлением, кроме низких начальных затрат, можно также отнести большую «живучесть» системы. Это связано с тем, что отдельные базовые станции могут функционировать автономно и выполнять большинство возложенных на них функций как при обрыве межзоновых связей, так и при частичном повреждении оборудования.

Системы с распределенным управлением, как правило, применяются для создания локальных и региональных сетей, хотя в дальнейшем, по мере расширения, они могут объединяться в сети более крупного размера. Подобные реализации систем, в частности, предлагают фирмы Tait Electronics и Zetron.

Второй тип – системы с централизованной коммутацией, где весь трафик обрабатывается межзоновым коммутатором (рисунок 1.4. В таких системах управление возложено на так называемый центральный контроллер. Управление базовыми станциями и маршрутизацией межзоновых вызовов осуществляется именно центральным контроллером.

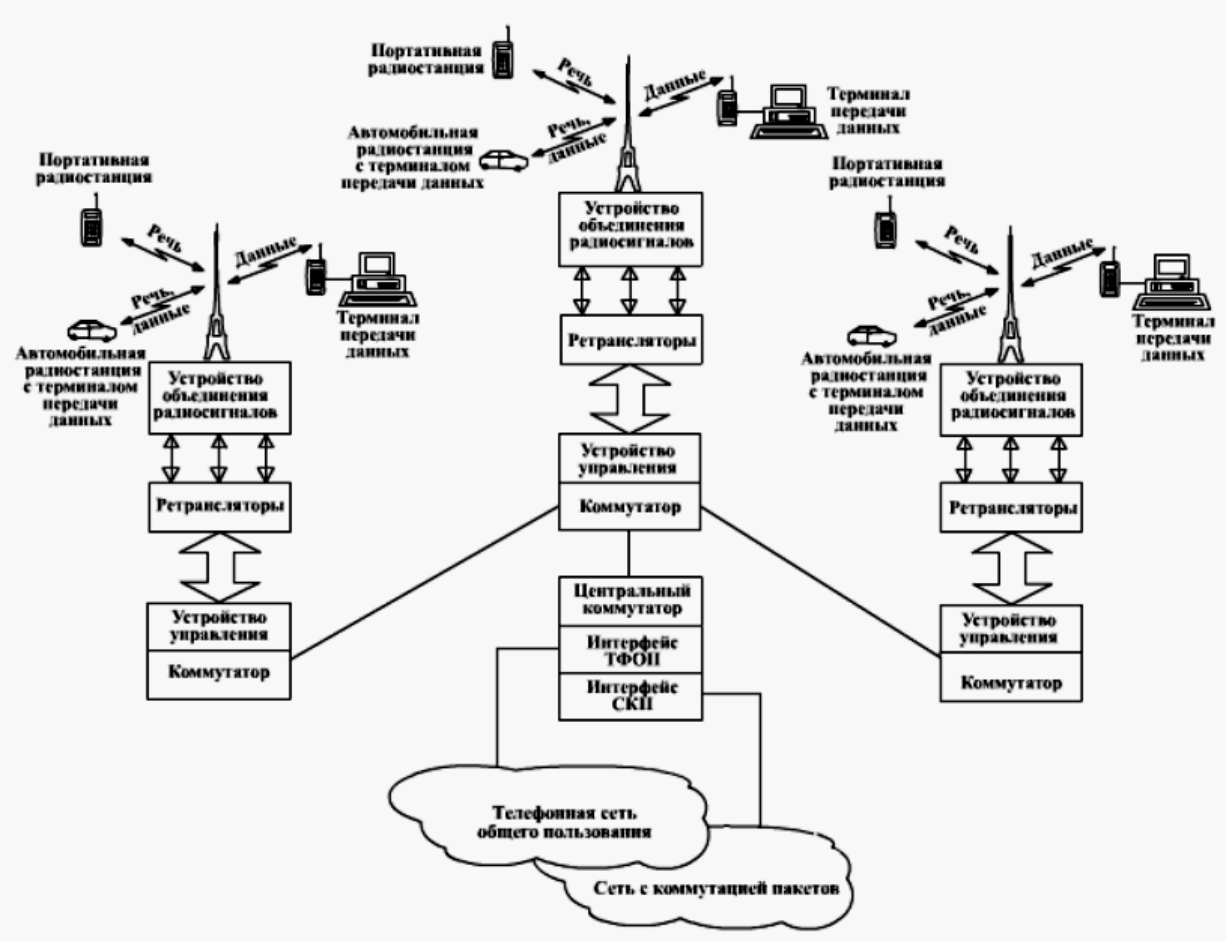


Рисунок 1.4 - Транкинговая система с централизованной коммутацией

Эти системы разрабатывались гораздо позднее системы Fylde, поэтому в основу их архитектуры были заложены более современные принципы организации управления, близкие к принципам работы компьютерных сетей.

Такие системы позволяют создавать транкинговые сети практически любой топологии как регионального, так и национального масштаба (например, «экзотическую» – включающую несколько многоуровневых «звезд» с произвольным соединением узлов). Ограничения на расширения сети накладывают только возможности центрального контроллера, которые, однако, можно наращивать без модернизации всего оборудования. По сравнению с распределенными системами, централизованные более дороги, так как при их создании уже на начальном этапе требуется дорогостоящий центральный контроллер, хотя они и обладают более широкими возможностями по расширению и управлению.

Такие системы обычно используются для построения крупных национальных сетей. Хотя они могут состоять из одной базовой станции с минимумом каналов, экономически не целесообразно применять их для создания локальных или региональных сетей среднего размера. Системы с централизованным управлением обычно сразу проектируются для создания больших сетей с десятками, а то и сотнями зон, для обслуживания десятков тысяч абонентов.

Централизованное управление реализовано, в частности, в системах ACCESSNET компании Rohde & Schwarz, Actionet фирмы Nokia, KEYNET II фирмы Key Radio Systems.

Конкретные реализации транкинговых систем создаются на основе протоколов или спецификаций радиосвязи. Их названия, как правило, содержат наименование протокола, на базе которого разработано оборудование сети. К сожалению, таких спецификаций немало, и до унификации пока далеко. Применяемые протоколы можно условно разделить на открытые и корпоративные («фирменные»). Примерами протоколов первого типа являются спецификации MPT 1327, TETRA и APCO; ко второму типу относятся протоколы SmarTrunk II фирмы SmarTrunk Systems, LTR фирмы E. F. Johnson, EDACS фирмы Ericsson и семейство SmartNet-SmartZone компании Motorola.

Открытые протоколы доступны для любого производителя и рекомендованы для применения во многих странах. Системы, базирующиеся на таких протоколах, производятся многими фирмами, поэтому в них применяется серийное оборудование, которое, как правило, дешевле производимого на заказ для специализированных систем.

Разнообразие транкинговых систем на потребительском рынке связано с достаточно большим количеством протоколов радиосвязи, которые применяются в оборудовании фирм-производителей. К сожалению, внедрение общих открытых стандартов происходит не слишком быстро, а расширение и развитие систем, использующих «фирменные» протоколы, сопряжено с определенными трудностями.

1.4 Услуги сетей транкинговой связи

В зависимости от того, какая система транкинговой связи используется аналоговая или цифровая будут различны и услуги, предоставляемые сетью.

Ниже будут рассмотрены услуги наиболее популярного аналогового стандарта ТС MPT 1327 и цифрового стандарта TETRA

Т а б л и ц а 1.1 - Услуги связи стандарта MPT 1327

Функция	Описание
Индивидуальные вызовы	Связь между двумя абонентами. Доступны приоритеты.
Групповые вызовы	Связь между одним вызывающим и группой вызываемых абонентов. Доступны приоритеты.
Вещательные групповые вызовы	Групповые вызовы, где вызываемые абоненты могут только слушать сообщения без возможности отвечать. Доступны приоритеты.
Присоединение к вызову	Возможность подключения к протекающему сеансу связи других абонентов принадлежащих данной группе.
Перенаправление вызова	Вызов может быть перенаправлен другому радиоабоненту, группе абонентов или на телефонный номер.
Приоритетные вызовы	Вызовы, имеющие приоритетное право. Имеются три уровня: нормальный, высокий и аварийный. В случае имеющейся очереди вызовов, абонент с высоким приоритетом ставится в очередь первым.
Аварийные вызовы (тревога)	Вызовы с максимальным приоритетом. Позволяют прервать протекающий сеанс связи при занятости всех каналов системы.
Запрет вызовов	Запрет доступа абонента к сети. Может применяться для отключения за неуплату или в случае утери радиостанции. В дальнейшем абонент может быть снова подключен к системе.
Динамическое перегруппирование	Абоненты из разных групп могут оперативно объединятся в общую группу. Обычно требуется при проведении чрезвычайных мероприятий.
Межсайтовые вызовы, включая групповые	Роуминг и автоматическая маршрутизация запросов между различными зонами системы.
Проверка электронного серийного номера радиостанции	Проверка легальности абонента по заводскому электронному серийному номеру.
Связь с линейными диспетчерами	Связь с диспетчерскими пультами, подключенными к системе по линиям проводной связи.
Связь с городской телефонной сетью	Входящие и исходящие вызовы с ГТС.
Связь с учрежденческой АТС	Входящие и исходящие вызовы с УАТС.
Краткий набор телефонных номеров	Система краткой нумерации для вызовов ГТС, определяемая оператором сети. Позволяет вызывать телефонных абонентов по укороченным номерам или по алфавитно-цифровым именам (быстрый набор).

Перечень услуг предоставляемых стандартом TETRA

Стандарт TETRA определяет два типа услуг:

- телекоммуникационные услуги (Teleservice) – все типы услуг связанные с передачей речевой информации между абонентами;
- услуги по передаче данных (Bearer Service) – возможности по передаче данных между абонентами сети, за исключением функции передачи голоса.

Кроме традиционного для транкинговых систем набора возможностей, таких как индивидуальные, групповые и вещательные вызовы, приоритеты, статусные сообщения и т.п., TETRA обладает рядом дополнительных функций описанных в таблице 1.2.

Т а б л и ц а 1.2 - Перечень функций и описания к ним

Функция	Описание
Вызов абонента диспетчером	Перед осуществлением запроса диспетчер проверяет возможность вызова.
Выбор области	Определение области действия для пользователей (зона, регион).
Динамический приоритет доступа	Абонентские радиостанции могут иметь различный приоритет доступа в течение установленного периода времени или в зависимости от загрузки системы.
Приоритет вызова	Доступ к ресурсам сети может быть распределен по приоритетам.
Поздний вход	«Опоздавшие» абоненты могут присоединяться к протекающему сеансу связи.
Приоритетный вызов с высвобождением	Вызов имеет самый высокий приоритетный доступ к ресурсам сети. Если система занята, то вызов с самым низким приоритетом будет прерван, для обработки данного вызова. Эквивалентен аварийному вызову в системах МРТ 1327.
Выборочное прослушивание	Уполномоченный радиоабонент может прослушивать радиопереговоры конкретных абонентов без обнаружения себя.
Прослушивание окружения	Диспетчер может включить на передачу любую радиостанцию без всякой индикации данного режима на самой радиостанции (пользователь не обнаруживает работу радиостанции на передачу). Может использоваться, например, для прослушивания переговоров внутри захваченного автомобиля.
Динамическое перегруппирование	Позволяет диспетчеру организовывать новые группы абонентов по эфиру. Может применяться к радиостанциям находящимся в процессе сеанса связи.
Идентификация вызываемой стороны	Индикация номера вызываемого абонента.
Запрет на идентификацию вызывающей/вызываемой стороны	Любая сторона может запретить индикацию номера абонента.
Сообщение о вызове	Индицирует вызывающего абонента на радиостанции, находящейся в режиме связи («занято»).

Продолжение таблицы 3.2

Функция	Описание
Идентификация собеседника	Радиостанция автоматически посылает свой идентификационный код в режиме групповой связи.
Безоговорочное перенаправление вызова	Позволяет радиоабоненту перенаправлять все вызовы другому радиоабоненту.
Перенаправление вызова если абонентская станция «занята»	Позволяет перенаправлять запросы, если вызываемый радиоабонент находится в процессе связи.
Перенаправление вызова если абонентская станция недоступна	Позволяет перенаправлять запросы, если вызываемый радиоабонент вне зоны обслуживания или выключен.
Перенаправление вызовов без ответа	Позволяет перенаправлять все запросы, оставшиеся без ответа.
Запрос из списка вызовов	Входящие вызовы, оставшиеся без ответа, последовательно записываются в определенный список, из которого затем можно выбрать номер для вызова.
Краткий набор номера	Метод сокращенного клавиатурного набора номеров из памяти.
Ожидание вызова	Уведомление «занятого» радиоабонента о входящем вызове.
Удержание вызова	Позволяет пользователю прерывать протекающую беседу и восстановить когда потребуется (например, для разговора с находящимся поблизости собеседником).
Ожидание ответа «занятого» абонента	Входящий вызов будет ожидать до тех пор, пока абонент не освободится. После освобождения соединение произойдет автоматически.
Ожидание соединения с не отвеч. абонентом	Входящий вызов будет ждать, пока вызываемый абонент не сделает другой вызов. После освобождения соединение произойдет автоматически.
Передача управления	Инициатор группового вызова может передать инициативу по управлению вызовом (отбой) другому абоненту.
Включение в вызов	Способность включения радиоабонента в протекающий сеанс связи.
Индикация платы	Информация о плате за пользование телефоном в начале, в течение или в конце вызова.
Запрет вызова	Запрет на вызовы от пользователей согласно определенному списку.
Запрет на прерывание	Возможность запрета на прерывание сеанса связи абонентом с более высоким приоритетом.

1.5 Анализ стандартов транкинговой связи

1.5.1 Аналоговые стандарты транкинговой связи

Аналоговые стандарты радиосвязи очень популярны в наше время по причине из дешевизны, однако они не способны решать проблем по защите информации в транкинговых сетях, по передаче данных в полном объеме и по помехоустойчивости, так как в аналоговых системах не применяют

помехоустойчивого кодирования. Рассмотрим самый популярный стандарт транкинговой радиосвязи MPT 1327.

Радиосвязь стандарта MPT 1327

Стандарт транкинговой радиосвязи MPT 1327 был разработан по заказу Департамента Торговли и Промышленности Великобритании. Однако в дальнейшем стандарт был признан большим количеством фирм-производителей и получил статус общеевропейского.

Системы стандарта MPT 1327 используют концепцию транкинга с выделенным управляющим каналом. При включении питания радиостанция мобильного абонента сканирует все доступные каналы системы и, найдя канал управления ближайшей доступной зоны, регистрируется в нем. После регистрации все дальнейшее взаимодействие мобильного и базового оборудования происходит через канал управления. Из него абонентская радиостанция получает информацию о вызовах, о выделенных для переговоров голосовых каналах, а также может получать короткие сообщения, адресованные пользователю. В том случае, если в процессе перемещения мобильного абонента прием канала управления становится неустойчивым, радиостанция повторяет процесс сканирования с целью нахождения канала управления другой зоны и регистрации в нем. При всех типах вызовов, которые используют голосовые каналы системы, используется транкинг сообщений, т.е. канал выделяется на все время радиосвязи. Стандарт предусматривает до 1036800 идентификаторов абонентов, до 32768 идентификаторов систем, и до 1024 каналов управления в системе.

В качестве абонентских радиостанций в системах MPT 1327 используются специализированные радиостанции, которые в настоящее время производятся целым рядом фирм с мировым именем. В их числе Motorola, TAIT, Icom, Nokia.

Функциональные возможности

Системы транкинговой связи, работающие по протоколу MPT 1327, предоставляют пользователям весь спектр функциональных возможностей, свойственных современным транкинговым системам, а именно:

индивидуальный вызов мобильного абонента с городской телефонной сети общего пользования или с учрежденческой (ведомственной) АТС, индивидуальный вызов между мобильными абонентами;

выход мобильного абонента в городскую телефонную сеть общего пользования (городскую АТС) или учрежденческую АТС;

групповые вызовы, в том числе с городской телефонной сети;

широковещательные вызовы;

роуминг между сайтами и регионами;

постановка в очередь запроса на обслуживание, в лучаях, когда вызываемый абонент занят или заняты все рабочие каналы, что предотвращает отказ в обслуживании;

многоуровневая система приоритетов для всех типов вызовов;

динамическое перераспределение ресурсов системы;

передача цифровых данных произвольной длины;

передача 30 специальных статусных сообщений;

передачу коротких буквенно-цифровых сообщений по каналу управления, то есть без занятия рабочего канала;

система голосовой почты;

возможность построения на базе инфраструктуры МРТ 1327 системы определения месторасположения подвижных объектов (система AVL);

возможность беспроводного доступа к базам данных;

возможность построения систем телеметрии.

В каждом сайте системы осуществляется динамическое распределение радиоканалов между абонентами. Сайтовый контроллер назначает один из радиоканалов каналом управления. По этому каналу абонентские радиостанции и базовое оборудование связываются между собой, обмениваясь цифровыми пакетами. Кроме того, по этому каналу осуществляется передача абонентам статусных и коротких буквенно-цифровых сообщений. В случае внезапного роста нагрузки на систему, канал управления на время может стать рабочим каналом.

Используя цифровой протокол управления, системы МРТ-1327 позволяют в полной мере использовать доступные радиочастоты, что обеспечивает стабильность работы всей системы при любой степени загрузки.

Система, при установлении соединения, осуществляет автоматический поиск вызываемого абонента во всей зоне действия, и устанавливает требуемое соединение вне зависимости от расположения вызывающего и вызываемого радио абонентов.

Одно из достоинств систем МРТ-1327 - это их высокая "живучесть". Каждый ретранслятор в таких системах уже на первых уровнях управления снабжен специальным модулем управления каналом (так называемым канальным контроллером) и может продолжать свое функционирование и поддержание радиосвязи даже в случае выхода из строя всех остальных частей системы.

Архитектура системы

При построении многосайтовых систем МРТ-1327 для осуществления роуминга между сайтами и соединения системы с городской телефонной сетью необходимо обеспечить достаточно сложную коммутацию внутри системы. Для решения этой проблемы используются два различных по идеологии подхода.

Первым подходом является идеология распределенного управления. Все коммутационное оборудование распределено между сайтами системы. Управление системой осуществляется контроллерами всех сайтов одновременно , при этом отсутствуют региональные и межрегиональные звенья управления . Все сайты имеют практически одинаковое логическое оборудование. Системы с распределенной архитектурой управления более просты в установке, однако, имеют высокую стоимость. Наращивание мощности и емкости таких систем является достаточно сложным и связано с большими материальными затратами. Кроме того, они требуют наличия цифровых соединительных линий между сайтами очень высокого качества, что во многих случаях препятствует их

распространению. Среди производителей таких систем можно назвать Rohde&Schwarz, ADI Communications и некоторых других.

Вторым подходом является идеология построения системы с централизованным управлением. При этом подходе несколько сайтов объединяются между собой в один регион с помощью регионального контроллера , который отвечает за коммутацию внутри этого региона и обеспечивает связь системы с телефонной сетью и с ведомственными АТС, отслеживает перемещение абонентских радиостанций из сайта в сайт . Межрегиональную коммутацию и роуминг обеспечивает межрегиональный контроллер. Подобная архитектура обуславливает максимальную гибкость системы, легкость перегруппировки ее мощностей в зависимости от требований текущего момента. Кроме того, обеспечивается высокий уровень надежности системы, и даже при выходе из строя регионального контроллера отдельные сайты продолжают функционировать в автономном режиме.

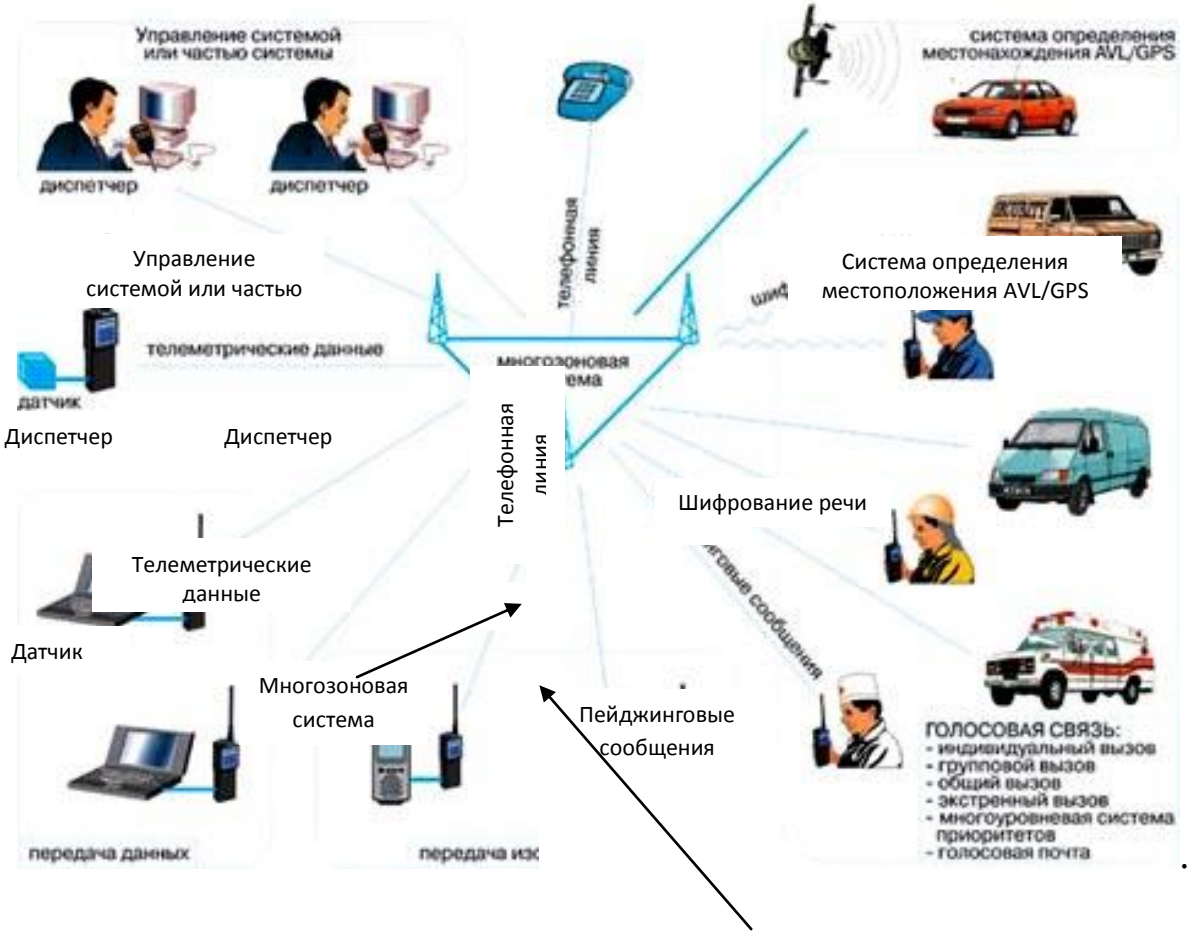


Рисунок 1.5 – Архитектура систе

Передача данных Передача изображения

Системы с централизованным управлением производятся такими компаниями, как FYLDE Microsystems, Teltronic, Rohill, Aselsan, Tait и другими. Подобные системы прекрасно зарекомендовали себя в странах Западной Европы,

где на их основе установлены сети транковой радиосвязи, системы высокой абонентской емкости, покрывающие большие территории. Широкое применение систем МРТ-1327 во всем мире объясняется предельной гибкостью подобных систем. Возможно построение различных по сложности систем - от малых односайтовых, обслуживающих ограниченные территории (аэропорты, вокзалы, стадионы), до крупных национальных систем с обеспечением радиопокрытия территории всей страны (см. рисунок 1.5). Все эти системы одинаково надежны и экономически оправданы

Основные характеристики системы

Диапазоны частот

Системы стандарта МРТ 1327 в первое время работали в диапазоне 177-207 МГц. Стандарт МРТ 1343 определял в этом диапазоне привязку номеров каналов к определенным номиналам частот. Однако достаточно быстро начали выпускаться системы, работающие и в других диапазонах. Нумерация каналов и дуплексный разнос в этих диапазонах не были стандартизованы и определялись оператором системы. Учитывая, что базовое оборудование поставляется, как правило, под заказ конкретного оператора и может быть укомплектовано для работы в любом диапазоне частот, основным фактором, влияющим на выбор диапазона, становятся характеристики абонентских станций. В настоящее время абонентское оборудование выпускается для работы на частотах 136-174, 240-270, 300-540 и 800-870 МГц.

При выборе номиналов частот необходимо учитывать возможные схемы построения антенно-фидерных систем базовых станций. Так, применение фильтров на объемных резонаторах требует достаточно большого разноса между каналами одной базовой станции (не менее 200 кГц), а использование диаграммообразующих схем на гибридных сумматорах позволяет не только использовать близкорасположенные каналы, но и существенно уменьшает размеры аппаратуры. Однако такое решение может оказаться неприемлемым из-за значительных потерь мощности. Еще одним фактором, влияющим на выбор номиналов частот и нумерацию каналов, может стать необходимость обеспечения работы абонентского оборудования в других транкинговых системах. Операторам следует заранее определять партнеров в других регионах и обговаривать с ними технические аспекты будущего взаимодействия.

База данных абонентов

Абонентская база данных содержит сведения о зарегистрированных абонентах системы, их правах доступа, а также о месте последней регистрации абонента. Учитывая, что содержащаяся в базе данных информация необходима для осуществления вызова, система должна обеспечивать доступ к ней в кратчайшее время. Принципы ведения базы данных и синхронизации ее копий различаются в системах разных производителей и зависят от архитектуры сети. Системы, использующие принцип центральной коммутации, имеют, как правило, одну основную базу данных, которая содержится в коммутаторе. В отдельных случаях она может дублироваться на все базовые станциии для

обеспечения связи между радиоабонентами при неисправности линий связи с коммутатором. В системах с распределен-ной коммутацией копия базы данных абонентов может содержаться в каждой базовой станции. Существует несколько вариантов ведения баз данных в системах такого типа, среди которых можно выделить следующие: измененные сведения вносятся в одну из баз и поочередно распространяются по другим базовым станциям; все базы данных организованы по иерархическому принципу. Изменения, внесенные в одну из баз, вначале передаются базе более высокого уровня, а затем распространяются по всем подчиненным базам даны При получении новых сведений об абоненте изменения вносятся только в одну из баз (в основную базу системы или "домашнюю" базу абонента), после чего они автоматически передаются во все остальные базы данных.

Межбазовые соединения

Эти соединения устанавливаются для передачи голосового трафика между базовыми станциями (или базовой станцией и коммутатором), а также для обмена управляющей и служебной информацией. Большинство систем в качестве межбазовых соединительных линий используют выделенные каналы тональной частоты, работающие в четырехпроводном режиме. Системы, имеющие цифровой коммутатор, часто применяют для межбазовой связи потоки E1 (2 Мбит/с). В системах стандарта MPT 1327 передача управляющей информации осуществляется, как правило, по выделенному каналу межбазовой связи. Скорость передачи, обеспечиваемая таким каналом, определяется производителем оборудования и может составлять от 2400 до 19 200 бит/с. Для передачи данных может использоваться внешний модем, подключаемый через выделенный порт RS-232, либо встроенный модем коммутатора.

1.5.2 Цифровые стандарты транкинговой связи

В цифровых системах весь обмен речевыми сообщениями и данными осуществляется только в цифровом виде. Это позволяет осуществлять передачу информации в более узком частотном канале (12,5 и даже 6,25 кГц) без снижения качества. Так как при передаче цифровых данных используются только две частоты (для 1 и 0), то в идеале возможно создавать системы связи с шириной канала в несколько герц (может быть через несколько лет так и будет). На сегодняшний день достигнута величина полосы радиоканала 6,25 кГц. Причем в пределах этой полосы передается как оцифрованная звуковая информация (речь), так и информация, изначально являющаяся цифровой (телеметрия, компьютерные данные, Интернет).

Принцип работы цифровых систем связи

Звуковая информация (голос) преобразуется в цифровой формат (рисунок 1.6) модулируется высокочастотным сигналом и передается в эфир по традиционным физическим законам.

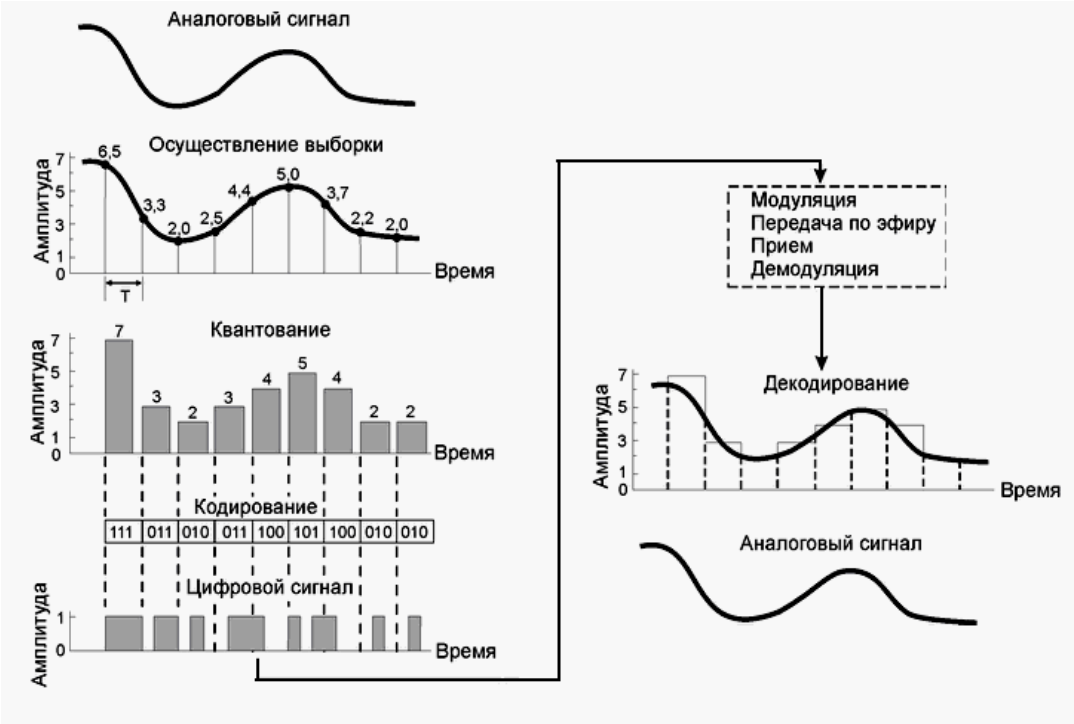


Рисунок 1.6 - Аналого-цифровое и цифро-аналоговое преобразование

Если исходная информация поступает уже в цифровом виде (терминал данных, компьютер, сеть цифровой связи, Интернет и т.п.), то никакого преобразования не требуется. Для предотвращения потерь информации при передаче по эфиру используются разнообразные алгоритмы коррекции ошибок.

Процесс оцифровки и кодирования голоса осуществляется специальным устройством – вокодером. Именно от него зависит алгоритм кодирования. Разные системы цифровой связи основываются на разных вокодерах. Именно вокодером обеспечивается совместимость (или не совместимость) различных систем цифровой связи. Процесс аналогово-цифрового преобразования в общем случае включает процедуру квантования (дискретизации непрерывной величины по времени, уровню или по обоим параметрам одновременно) и кодирования. При квантовании непрерывная величина преобразуется в последовательность ее мгновенных значений, выделенных по определенному закону и в совокупности отображающих (с заранее установленной ошибкой) исходную величину. При кодировании выделенные в процессе квантования мгновенные значения исходной величины измеряются, и результаты фиксируются в виде цифрового (в данном случае двоичного) кода. При попадании в приемник, цифровой сигнал декодируется и, с помощью процедуры цифро-аналогового преобразования, восстанавливается исходный аналоговый сигнал.

Фундаментальным отличием аналоговых систем связи от цифровых является только метод подготовки и кодирования исходной информации. Высокочастотная же часть радиостанций, отвечающая за прием и передачу радиоволн, остается практически идентичной во всех видах радиосвязи. Если в аналоговых системах исходная информация практически без изменений

передается в эфир (естественно в виде высокочастотной электромагнитной энергии), то в цифровых системах по эфиру передается только двоичный код.

Наиболее важными преимуществами цифровых систем связи перед аналоговыми являются:

более высокое качество передачи речи (хотя появляется некоторая «металлизация» речи);

отсутствие «эфирных» помех;

большая защищенность от посторонних сигналов;

стабильное качество связи во всей зоне покрытия (и резкое снижение на границах зоны);

интегрированные возможности по передачи данных и более высокие скорости обмена данными;

Транкинговая система TETRA

Разработка Европейским Институтом Телекоммуникационных Стандартов (ETSI – European Telecommunications Standards Institute) стандарта для цифровых транковых систем TETRA (Trans-European Trunked Radio*) стала значительным этапом в процессе развития радиосвязи. При работе над стандартом были учтены опыт и достижения аналоговых транковых технологий MPT 1327, а также некоторые принципы и решения, заложенные в GSM (Global Standard for Mobile telecommunication – стандарт для сотовой телефонии).

Работа ETSI поддерживается правительствами многих стран, операторами сетей связи, разработчиками и изготовителями оборудования, группами пользователей. Характерным в статусе Института является то, что издаваемые им стандарты, являющиеся обязательными для исполнения в Европе, признаются и широко применяются во всем мире (примером можно назвать повсеместное распространение GSM).

Основные разделы стандарта TETRA были одобрены разными странами в конце 1995 года (22 страны проголосовали «за» и ни одна «против»). В последующие годы в стандарт продолжали (и продолжают) вносится отдельные изменения и дополнения (как это имело место в MPT 1327 и GSM).

Для создания органа, который мог бы действовать от имени всех заинтересованных сторон, в декабре 1994 года операторы сетей, производители и разработчики оборудования, контролирующие и тестирующие организации, крупнейшие группы пользователей подписали Меморандум о Взаимопонимании – TETRA MoU (TETRA Memorandum of Understanding). Таким образом, были объединены усилия по поддержке и быстрейшему внедрению TETRA в государствах – членах Меморандума.

Членами Меморандума стали такие гиганты коммуникационного бизнеса, как Philips, Alcatel, Ericsson, Motorola, Nokia, Marconi и другие. Из крупных европейских компаний к TETRA MoU не присоединилась лишь Matra Nortel Communication, которая к тому времени разработала для французской полиции свою систему цифровой транкинговой связи Tetrapol.

Кроме пропаганды стандарта, члены TETRA MoU заботятся о координации действий различных поставщиков и потребителей оборудования,

следят за обеспечением «открытости» для широкого рынка, заботятся о совместимости аппаратуры различных производителей.

Целью разработки нового стандарта было, прежде всего, обеспечение служб общественной безопасности современными цифровыми средствами связи с интегрированными возможностями по передаче данных и высокой степенью защиты.

Архитектура сети

Технические условия TETRA не налагают никаких ограничений на форму архитектуры радиосети. Инфраструктура (часто называемая SwMI в TETRA – стандартах, установленных для коммутирующей и управляющей инфраструктуры) определяется только в условиях шести точно определенных интерфейсов, требуемых для обеспечения совместимости, взаимодействия и сетевого управления:

Air Interface (AI) - радиоинтерфейс между базовой станцией и подвижной радиостанцией;

Direct Mode Operation (DMO) - интерфейс прямого соединения между двумя подвижными радиостанциями;

Terminal Equipment Interface (TEI) - интерфейс между подвижной радиостанцией и терминалом передачи данных (ТПД);

Inter System Interface (ISI) - межсистемный интерфейс для объединения нескольких систем (возможно, от разных фирм-изготовителей) в единую сеть;

Line-connected Station Interface (LSI) - интерфейс для подключения диспетчерских пультов к базовому оборудованию;

Network Management Centre Interface (NMCI) - интерфейс центра управления системой;.

Gateways to PABX, PSTN, ISDN, PDN - интерфейс для подключения к внешним сетям (УПАТС, ТфОП, ЦСИО, СКП).

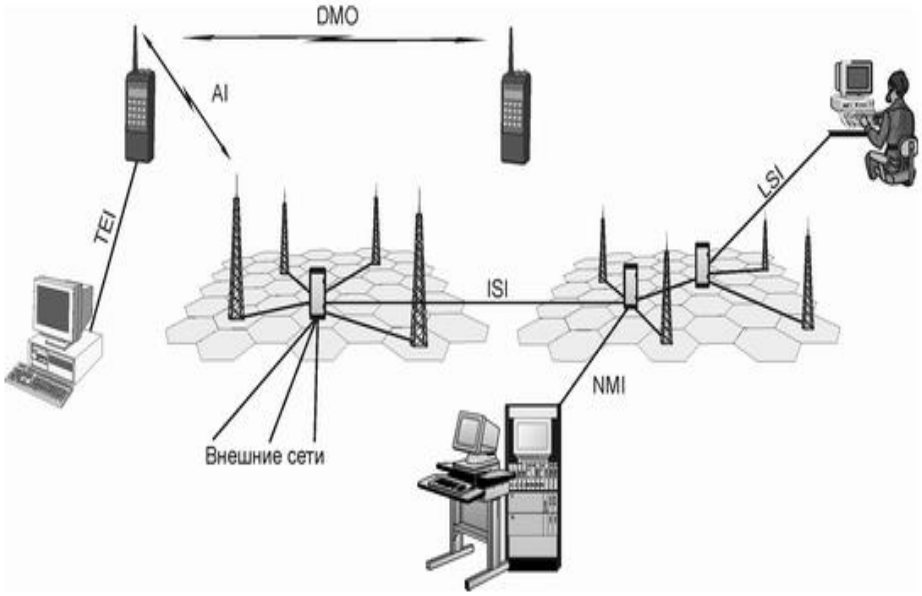


Рисунок 1.7 - Архитектура сети TETRA

Примечательно то, что стандартизованы только внешние интерфейсы, в то время как внутренние реализации коммутаторов, управляющих устройств, контроллеров не стандартизированы. С одной стороны это позволяет поддерживать «открытость» стандарта, а с другой – оставляет возможность изготовителям предлагать собственные, наиболее эффективные, разработки и решения.

Центральные станции TETRA работают в дуплексном частотном режиме (одновременная работа по частотам восходящего и нисходящего каналов связи). Подвижные станции могут работать в дуплексном или полудуплексном режимах, в зависимости от возможностей подвижной станции. Одна пара частот (восходящего и нисходящего каналов связи) на соту, известная в качестве основной несущей, используется для поддержания главного канала управления.

Спецификации TETRA предусматривают не только прямую связь между подвижными радиостанциями, но и использование подвижной радиостанции в качестве ретранслятора для расширения зоны обслуживания. При взаимодействии друг с другом через ретранслятор прямого режима, используя интерфейс прямого соединения, они связываются с транкинговой TETRA-системой с помощью режима “двойного радионаблюдения”, который позволяет подвижной станции работать по радио интерфейсу и одновременно контролировать интерфейс прямого соединения и наоборот. Определенные станции межсетевого сопряжения с PSTN, ISDU, PDN и PTN обеспечивают связь TETRA с внешним миром.

Диапазоны частот

В стандарте TETRA для организации радиосвязи определены следующие диапазоны частот: 380-400, 410-420, 450-470 и 870-876, 915-921 МГц. Суммарная ширина занимаемой полосы частот составляет 2х36 МГц.

Необходимый дуплексный разнос радиоканалов для систем подвижной связи на частотах ниже 700 МГц составляет 10 МГц, а на частотах 800/900 – 45 МГц.

Спецификации TETRA определяют стандартный разнос каналов как 25 кГц, что позволяет на одной физической линии организовать до 4 независимых каналов с временным доступом (TDMA). Такая технология обеспечивает более высокую спектральную эффективность по сравнению с цифровыми стандартами Tetrapol и APCO, но уступает IDEN/MIRS (6 каналов в 25 кГц).

Модуляция и кодирование

Передача информации осуществляется с помощью метода дифференциальной квадратурной фазовой модуляции со сдвигом сигналов на $\pi/4$ известной как $\pi/4$ DQPSK. При такой модуляции используется алфавит из четырех символов ($\pi/4$, $3\pi/4$, $-\pi/4$, $-3\pi/4$) кождому из которых в соответствии ставится два бита данных (00, 01, 10, 11).

Данный метод занимает промежуточное положение между QPSK и 8PSK модуляциями, так как в нем используется 8 значений фазы, которые разделены на две группы по 4 фазовых дискрета в каждой, т.е. ($\pi/2 \cdot k$) и ($\pi/4 + \pi/2 \cdot k$), где k = 0,1,2,3. По сравнению с аналоговыми системами $\pi/4$ DQPSK обеспечивает более

высокую спектральную эффективность, а по отношению к цифровым (например, GMSK) меньший уровень внеполосного излучения (-60 дБ в соседнем канале).

2 Расчет ожидаемой дальности связи и оптимальной мощности передатчика базовой станции

2.1 Основы методики расчета

Расчет зоны обслуживания системы связи с мобильными абонентами представляется сложной статистической задачей.

Дальность действия системы зависит от следующих факторов:

а) уровня внешних шумов на входе приемника и его чувствительности;

б) заданного отношения сигнал/шум на входе приемника;

в) параметров антенно-фидерного тракта приемной аппаратуры (действующей высоты антенны, потерь в антенно-фидерном тракте и высоты установки приемной антенны);

г) эффективной мощности, излучаемой передающей аппаратурой и зависящей от мощности передатчика, потерь в антенно-фидерном тракте передачи, коэффициента усиления и неравномерности диаграммы направленности в горизонтальной плоскости передающей антенны;

д) высоты установки передающей антенны;

е) статистических закономерностей распространения радиоволн в условиях пересеченной местности и городской застройки;

ж) системы модуляции;

з) электрических параметров приемной аппаратуры;

и) рельефа местности и т.д.

В системах проводной связи электрические параметры соединительной линии к заданному абоненту являются постоянными величинами и могут быть рассчитаны и измерены. Это позволяет заранее определить качество связи с любым абонентом и подключить к системе только таких абонентов, у которых параметры соединительных линий удовлетворяют требованиям установленных норм.

В отличие от проводной связи в системах УКВ радиосвязи с мобильными объектами, их абоненты находятся в движении и параметры линии связи с ними непрерывно изменяются. Поэтому связь с такими абонентами за границей расчетной зоны действия системы связи не прекращается, а только ухудшается.

Как показывает анализ литературы, зону действия системы связи с мобильными объектами обычно рассчитывают исходя из принятой минимальной величины отношения сигнал/шум на выходе приемника на границе зоны, обеспечивающей заданную разборчивость речи. Хотя в настоящее время норма

на эту величину не установлена, в расчете принято одно из типовых ее значений 12 дБ.

Еще раз следует отметить, что связь между стационарной базовой станцией (БС) и мобильной абонентской станцией (АС) осуществляется при непрерывном изменении условий радиосвязи. Поэтому произвести точный расчет дальности связи не представляется возможным и приходится исходить из средних значений параметров, влияющих на качество связи. В основу такого расчета должны быть положены данные статистической обработки измерений, проведенных в реальных условиях. Чем больше проведено измерений, тем точнее расчет.

В рассматриваемом случае по причине невозможности проведения подобных измерений, необходимо использовать статистические данные, полученные другими исследователями. Наиболее приемлемыми из них служат материалы, приведенные в рекомендации №370 X пленарной ассамблеи Международного консультативного комитета по радиосвязи (МККР). Они основаны на обобщении статистических данных многочисленных экспериментов, проведенных в различных географических районах; и пригодны как для горизонтальной, так для вертикальной поляризации.

Применение методики, приведенной в рекомендации №370, при расчетах дальности связи в городах может дать наибольшую точность. Все другие опубликованные методы базируются на результатах экспериментов, проведенных в условиях одного конкретного города. Поэтому применение этих методов при расчетах дальности связи во всех других городах может привести к значительным неточностям.

В рекомендациях МККР приведены графики зависимости дальности связи от напряженности поля в точке приема и высоты установки антенны БС для определенного диапазона частот. Эти графики представляют собой семейство кривых зависимости напряженности поля, выраженной дБ/мкВ/м от расстояния (при постоянном значении высоты установки антенны БС).

Поскольку используемый метод расчета ожидаемой дальности связи с мобильными объектами основан на использовании среднестатистических данных, он дает средние результаты, позволяющие с достаточной точностью оценить порядок величин. Поэтому в пределах расчетной зоны связи могут быть отдельные участки, на которых связь будет ухудшаться или совсем пропадать, и, наоборот, за пределами этой зоны (по некоторым направлениям) могут быть участки с хорошим качеством связи.

В рассматриваемом случае расчет можно разделить на два этапа. На первом этапе расчета определяется ожидаемая дальность связи (радиус зоны обслуживания) в направлении передачи от абонентской станции к базовой (АС-БС). Второй этап расчета включает в себя определение мощности передатчика БС, требуемой для обеспечения связи такого же качества в той же зоне в направлении передачи от базовой стации к абонентской (БС-АС).

Конкретно в качестве АС в расчете будет рассматриваться носимая стация (НС), так как опыт эксплуатации системы показывает ее большую критичность к

дальности связи как при передаче так и при приеме. Большая критичность НС обуславливается меньшей мощностью передатчика, меньшим коэффициентом усиления антенны, большей величиной чувствительности приемника, и т. д.

2.2 Исходные данные для расчета

Исходными данными для расчета дальности связи служат в основном параметры приемопередающей аппаратуры и антенно-фидерного тракта базовой и носимой станций.

Исходные данные для расчета дальности связи

Параметр	БС	АС
Средняя частота передачи, МГц	415.5	409.5
Средняя частота приема, МГц	409.5	415.5
Средняя длина волны передачи, м	0.722	0.733
Средняя длина волны приема, м	0.733	0.722
Максимальная частота модуляции, кГц	3.4	3.4
Максимальная девиация, кГц	5	5
Волновое сопротивление антенно-фидерного тракта, Ом	50	50
Чувствительность приемника при отношении сигнал/шум на его входе 12дБ, мкВ	0.35	0.35
Мощность передатчика, Вт	прогр.	4
Высота подвеса антенны, м	30	1,5
Коэффициент усиления антенны, дБ	8,4	0
Неравномерность диаграммы направленности антенны горизонтальной плоскости, дБ	0,8	0
КНД антенной системы БС, дБ	2,5	
Коэффициент деления мощности антенного разветвителя, дБ	5	-
Затухание в кабеле, дБ	2,7	-
Затухание в дуплексном фильтре, дБ	0,5	-
Затухание в устройстве разделения, дБ	2,5	-
Коэффициент усиления устройства соединения, дБ	2	-
Затухание на неравномерностях антенно-фидерного тракта, Дб	1	-
Затухание в антенно-фидерном тракте, дБ	-	1
Среднее колебание высоты местности, м	10	10

2.3 Расчет дальности связи в направлении МС – БС

Расчет необходимой напряженности поля в точке приема

Графики МККР, являющиеся основой используемой методики расчета построены при исходных данных:

а) напряженность поля полезного сигнала создается передатчиком с эффективной излучаемой мощностью 1 кВт;

б) приемная антенна установлена на высоте 10м;

в) напряженность поля сигнала приведена в точке приема, а не на входе приемника;

г) значения напряженности поля полезного сигнала, показанные на графиках, имеют место Е течении 50% времени и в 50% пунктов приема.

Для определения напряженности поля полезного сигнала в расчетную формулу вносятся соответствующие поправки, учитывающие различие исходных параметров (мощности передатчика, высоты установки приемной антенны, электрических данных антенн и др.).

Необходимую напряженность поля в точке приема определяют исходя из того, что, учитывая все перечисленные выше поправки, уровень поля полезного сигнала в точке приема должен превышать уровень шумов в точке приема на заданную величину отношения сигнал/шум на входе приемника.

Расчет следует производить по следующей формуле

$$\begin{aligned} Å_{íÂÎÁÕ} &= N_{Ø\ ÁÑ} + (S/N)_{ÂÕÁÑ} + Â_{ÐÝÊÂ\ ÀÑ} + Â_{h\,ÀÑ} + \\ &+ Â_{ÐÅËÜÅÔ} + B_{\%ÌÁÑÒ} + Â_{ÇÀÌ} - \sigma_{ÁÑ},\ äÁ, \end{aligned} \qquad (2.1)$$

где $E_{необх}$ - необходимый уровень напряженности поля полезного сигнала, дБ/мкВ/м;

$N_{Ш\ БС}$ - уровень шумов в точке приема, дБ/мкВ/м;

$(S/N)_{вх}$- отношение сигнал/шум на входе приемника, соответствующее заданному отношению на выходе, дБ;

$B_{рэне}$ - поправка, учитывающая отличие эквивалентной мощности от мощности 1 кВт, для которой составлены графики МККР, дБ;

B_{h2} - поправка, учитывающая отличие высоты установки антенны АС от высоты 10 м, для которой составлены графики МККР, дБ;

$B_{\%мест}$ - поправка на медленные замирания- при отличии заданного процента приемных пунктов, в которых обеспечивается напряженность поля, показанная на графиках МККР, от 50%, дБ;

$B_{зам}$ - поправка на быстрые замирания, учитывающая отличие заданного процента времени превышения данной напряженности поля, от 50% времени, дБ;

$B_{рельеф}$ - поправка, учитывающая отличие реального рельефа местности от принятого при составлении графиков МККР, дБ;

$\sigma_{пр}$ - неравномерность диаграммы направленности приемной антенны в горизонтальной плоскости, дБ.

Следует сразу же заметить, что в рассматриваемом случае передачи в направлении АС-БС, фактически рассчитывается уровень напряженности поля полезного сигнала, необходимый для качественного приема аппаратурой БС, антенна которой находится на высоте 1.5м (высоте подъема антенны НС). При этом передача ведется с границы зоны обслуживания абонентской станцией, находящейся на высоте подвеса антенны БС (150м). Уровень шумов для базовой станции берется такой, как если бы ее антенна находилась бы на своей нормальной высоте подвеса. Такая замена не влияет на конечный результат (радиус зоны обслуживания) и обусловлена спецификой материалов рекомендаций МККР.

Так как расчет ведется в две стороны, во избежание путаницы, все обозначения характеристик аппаратуры базовой станции будут снабжаться индексом "1", абонентской станции - индексом "2". С учетом этого, формула (1.1) запишется как

$$\begin{aligned} Å_{íÂÎÁÕ} &= N_{Ø\ ÁÑ} + (S/N)_{ÂÕÁÑ} + Â_{Ð_{ÝÊÂ}\ ÀÑ} + Â_{h\,ÀÑ} + \\ &+ Â_{ÐÅËÜÂÔ} + B_{\%ÌÂÑÒ} + Â_{ÇÀÌ} - \sigma_{ÁÑ},\ äÁ, \end{aligned} \quad (2.2)$$

Расчет уровня суммарного шума

Уровень суммарного шума в точке приема определяется по формуле

$$N_{\Sigma Ш} = 10\lg\left(N^2_{СОБ_{ПР}} + N^2_{ВНЕШ_{ПР}}\right),\ дБ \quad (2.3)$$

где $N_{ш}$ - уровень шумов в точке приема, дБ/мкВ/м;

$N_{внеш}$ - уровень внешних шумов в точке приема, мкВ/м;

$N_{соб}$ - уровень собственного шума приемника, приведенного к точке приема.

Расчет внешних шумов

Если принять, что помехи приходят равномерно со всех направлений, то расчетное значение уровня помех можно определить по формуле:

$$N_{ВНЕШ_{ПР}} = \frac{E_{ПОМ}}{\sqrt{D_{ПР}}},\ мкВ/м \quad (2.4)$$

где $N_{1внеш}$ - уровень внешних шумов в точке приема, мкВ/м;

$E_{1ш.маб}$ - уровень помех, рекомендуемый для расчета (показатель помеховой обстановки для БС), мкВ/м;

$D_{1пр}$ - коэффициент направленного действия (КНД) антенной системы БС, отн.ед.

Приняв $\overline{E}_{1ш.маб}$ =1.5 мкВ/м можно найти уровень внешних шумов

$$N_{1ÂÍÅØ\ ïÐ} = \frac{\overline{A}_{øïîá}}{\sqrt{D_{1ïÐ}}} = \frac{1{,}5}{\sqrt{2{,}19}} = 1{,}01\ ìêÂ/ì \quad .$$

Расчет внутренних шумов

Известно, что действующая длина приемной антенны (действующая высота) - коэффициент, связывающий напряженность электрического поля в месте расположения антенны с напряжением на ее согласованной нагрузке. При согласовании волнового сопротивления фидера с входным сопротивлением приемного устройства, напряжение сигнала на входе приемного устройства

$$U = l_{\partial} \cdot E \qquad (2.5)$$

где U - напряжение сигнала на входе приемного устройства, мкВ;

l_{∂} - действующая длина антенны, м;

E - напряженность поля, мкВ/м.

Аналогично формуле (1.5), уровень собственных шумов приемника, приведенных к точке приема

$$U_{ñîá} = \frac{U_{øïð}}{l_{ä}} \qquad (2.6)$$

где $N_{соб}$ - уровень собственного шума приемника, приведенного к точке приема, мкВ/м;

$U_{шпр}$ - уровень собственного шума приемника, приведенного ко входу приемника, мкВ;

1_{∂} - действующая длина антенны, м.

$U_{шпр}$ можно найти, зная отношение сигнал/шум на входе приемника и его чувствительность. При узкополосной частотной модуляции пересчет величины отношения сигнал/шум с выхода на вход приемника можно производить по формуле

$$(S/N)_{\text{ВХ}} = \frac{(S/N)_{\text{ВЫХ}} \cdot F_{MAX}}{\Delta f \cdot \sqrt{3}}, \text{ отн. ед.} \qquad (2.7)$$

где $(S/N)_{вх}$ - отношение сигнал/шум на входе приемника, соответствующее заданному отношению на выходе, отн.ед;

$(S/N)_{вых}$ - отношение сигнал/шум на выходе приемника, отн.ед;

F_{max} - максимальная звуковая частота модуляции, кГц;

Δf - величина девиации, кГц.

$$(S/N)_{\text{ÂÕ}} = \frac{(S/N)_{\text{ÂÛÕ}} \cdot F_{MAX}}{\Delta f \cdot \sqrt{3}} = \frac{3{,}98 \cdot 3{,}4}{5 \cdot \sqrt{3}} = 1{,}56 \ . \quad (3.88 \text{ дБ})$$

В связи с тем, что порог исправляющей способности при ЧМ нельзя определить расчетным путем и учитывая запас на ретрансляцию, величину $(S/N)_{вх}$ в любом случае не следует принимать менее 8 дБ (2.51 отн.ед).

Уровень собственных шумов, приведенных ко входу приемника

$$\text{U}_{\text{Ø ïÞ}} = \frac{G_{\text{ïÞ}}}{(S/N)_{\text{ÂÕ}}}, \ \hat{A} \qquad (2.8)$$

где $U_{шпр}$ - уровень собственного шума приемника, приведенного ко входу приемника, мкВ;

$G_{пр}$ - чувствительность приемника, мкВ;

$(S/N)_{вх}$) - отношение сигнал/шум на входе приемника, соответствующее заданному отношению на выходе, отн.ед.

$$\text{U}_{\text{Ø ïÞ}} = \frac{G_{\text{ïÞ}}}{(S/N)_{\text{ÂÕ}}} = \frac{0{,}35}{2{,}52} = 0{,}139 \ \hat{A}, \text{ мкВ.}$$

Действующая длина антенны /12/, м

$$l_{\text{Д}} = \frac{\lambda_{АС-БС}}{2\pi} \sqrt{\frac{1{,}64 \cdot G_{ПР} \cdot W_{\text{ПР}} \cdot \eta_{АФТ}}{120}}, \ м \qquad (2.9)$$

где λ - средняя длина волны сигнала, м;

$\varepsilon_{пр}$ - коэффициент усиления по мощности антенны приемника, отн.ед;

$W_{ф}$ - волновое сопротивление фидера, Ом;

$\eta_{АТФ}$ - коэффициент полезного действия (КПД) антенно-фидерного тракта приемной антенны, отн.ед.

КПД антенно-фидерного тракта БС можно найти, зная, что затухание сигнала на прием в нем

$$\alpha_{\text{АТФ}_{\text{ПР}}} = \alpha_{\text{ДУ}} + (\alpha \cdot l)_{\text{ПР}} - \text{G}_{\text{УР}}, \text{ дБ} \qquad (2.10)$$

где $\alpha_{1АТФпр}$ - затухание сигнала на прием в антенно-фидерном тракте БС, дБ;

$\alpha_{1Дф}$ - затухание в дуплексном фильтре, дБ;

$(\alpha l)_{кр}$ - затухание в кабеле, дБ;

G_{1VP} - коэффициент усиления приемного устройства разделения, дБ.

$$\alpha_{\text{ÀÒÔ}_{\text{ÏÐ}}} = 0{,}50 + 2{,}7 - 2 = 1{,}3,\ \text{äÁ}.$$

КПД антенно-фидерного тракта приемной антенны

$$\eta_{\text{ÀÔÒ}} = 10^{-0{,}1\cdot\alpha_{\text{ÀÔÒ}_{\text{ÏÐ}}}} = 10^{-0{,}1\cdot 1{,}3} = 0{,}74 \qquad (2.11)$$

где $\eta_{1АФТ}$ - коэффициент полезного действия (КПД) антенно-фидерного тракта приемной антенны, отн.ед.;

$\alpha_{АФТпр}$ - затухание сигнала на прием в антенно-фидерном тракте БС, дБ.

Действующая длина приемной антенны БС

$$l_{\text{Ä}} = \frac{0{,}733}{2\pi}\sqrt{\frac{1{,}64\cdot 5{,}37\cdot 50\cdot 0{,}74}{120}} = 0{,}19,\ \text{ì}$$

Уровень собственных шумов приемника, приведенных к точке приема, определенный по формуле (1.6)

$$N_{\text{ÑÎÁ}_{\text{ÏÐ}}} = \frac{U_{\text{Ø}_{\text{ÏÐ}}}}{l_{\text{Ä}}} = \frac{0{,}139}{0{,}19} = 0{,}73,\ \text{ìêÂ/ì}\ .$$

Теперь по формуле (1.3) можно определить уровень суммарного шума в точке приема.

$$N_{\Sigma\text{Ø}} = 10\lg\left(N^2_{\text{ÑÎÁ}_{\text{ÏÐ}}} + N^2_{\text{ÂÍÂØ}_{\text{ÏÐ}}}\right) = 10\lg\left(0{,}73^2 + 1{,}01^2\right) = 1{,}91,\ \text{äÁ}$$

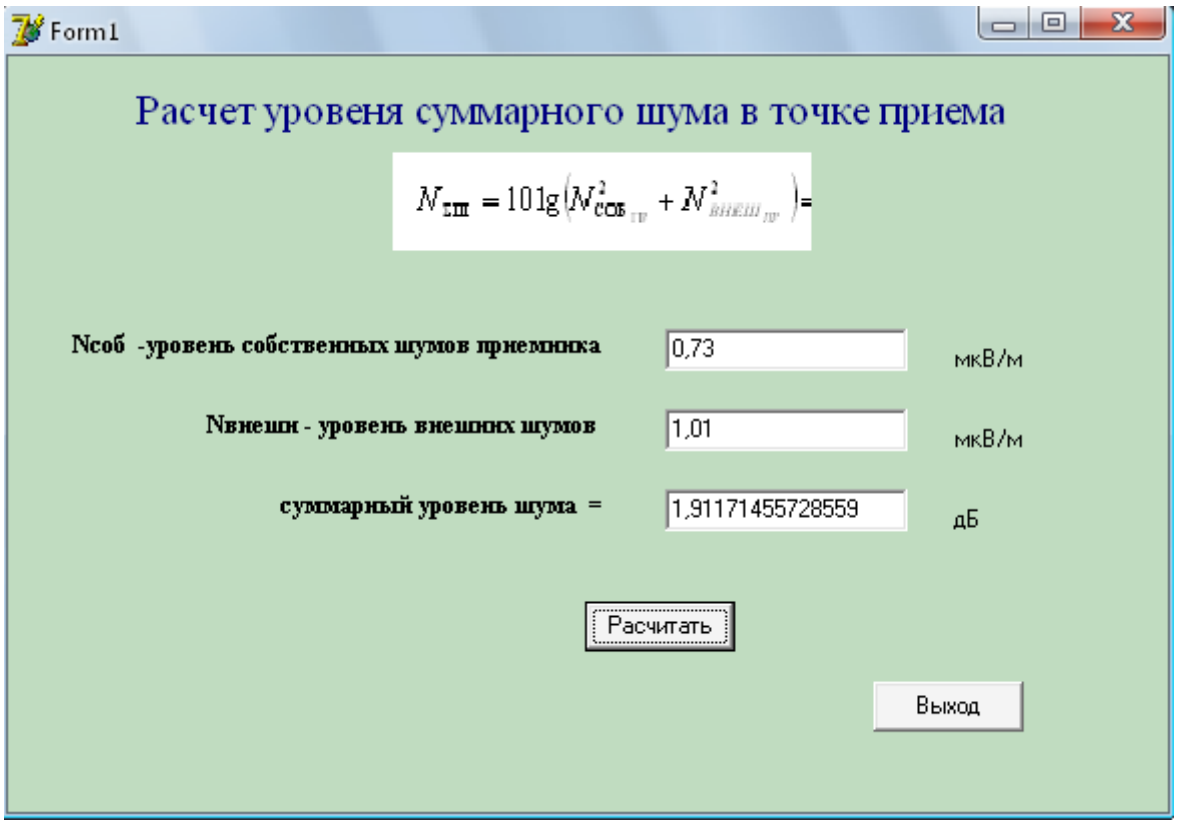


Рисунок 2.1 Окно расчета программы Delphi

Определение поправок

Поправка, учитывающая отличие эквивалентной мощности передатчика от мощности 1кВт, дБ

$$B_{п\ экв} = B_{п\ норм} + \alpha_ф + \alpha_н + (\alpha l)_{пер} - \sigma_{пер} - \varepsilon_{пер} \qquad (2.12)$$

где $B_{рнорм}$ - поправка, учитывающая отличие от номинальной мощности 1 кВт, для которой построены графики МККР, дБ;

$\alpha_ф$ - затухание в резонаторных и мостовых фильтрах, антенных разделителях и др., дБ;

$\alpha_н$ - затухание в неоднородностях антенно-фидерного тракта передачи, дБ;

$(\alpha l)_{пер}$ - затухание в фидере передающей антенны, дБ;

$\sigma_{пер}$ - неравномерность диаграммы направленности передающей антенны в горизонтальной плоскости, дБ;

$\varepsilon_{пер}$ - коэффициент усиления передающей антенны, дБ.

Сумма $\alpha_{2ф} + \alpha_{2н} + (\alpha l)_{пер}$ выражает общее затухание сигнала в антенно-фидерном тракте передачи носимой станции $\alpha_{2АФТ} = 1$ дБ .

Поправка, учитывающая фактическую мощность передатчика, дБ

$$\hat{A}_{Ð_{ïîì}\ \ ÀÑ} = 10\lg\left(\frac{10^3}{P_{ïîì\ \ ÀÑ}}\right) ä\acute{A} \qquad (2.13)$$

где $P_{ном}$ - фактическая мощность передатчика, Вт.

$$\hat{A}_{Ð_{ïîì}\ \ ÀÑ} = 10\lg\left(\frac{10^3}{P_{ïîì\ \ ÀÑ}}\right) = 10\lg\frac{10^3}{4} = 24,\ ä\acute{A}\ .$$

Тогда, по формуле (1.12), поправка, учитывающая отличие эквивалентной мощности передатчика от 1 кВт

$$В_{п\ экв} = В_{п\ норм} + \alpha_ф + \alpha_н + (\alpha l)_{пер} - \sigma_{пер} - \varepsilon_{пер} = 24 + 1 - 0 - 0 = 25\ дБ$$

Графики, приведенные в рекомендации №370 МККР, построены для высоты установки антенны АС, равной 10 м. В тех случаях, когда антенну АС устанавливают на другой высоте, следует внести поправку, которую можно рассчитать по формуле

$$B_{h\ AC} = 10\lg\left(\frac{10}{h_{AC}}\right), \partial Б \qquad (2.14)$$

где B_{h2} - поправка, учитывающая отличие высоты установки антенны АС от высоты 10 м, для которой составлены графики МККР, дБ;

h_2 - высота установки антенны АС, м.

$$\hat{A}_{h\,ÀÑ} = 10\lg\left(\frac{10}{h_{ÀÑ}}\right) = 10\lg\left(\frac{10}{1{,}5}\right) = 8{,}24,\ ä\acute{A}\ .$$

Поправка, вносимая при необходимости обеспечения связи для процента пунктов приема, отличающегося от 50% определяется по графику.

Для обеспечения связи в 90% пунктов приема поправка

$$В_{\%\ мест} = -11\ дБ. \qquad (2.15)$$

Для определения поправки на быстрые замирания, учитывающей отличие принятого процента времени превышения данной напряженности поля от 50% * времени, наиболее приемлемы графики замираний по Буллингтону. Пользуясь этими графиками, можно проводить расчеты с наибольшей степенью точности. Определенная из графика поправка на быстрые замирания для 90% времени

$$В_{ЗАМ} = 2{,}5,\ дБ. \qquad (2.16)$$

Поправка, учитывающая отличие реального, рельефа местности от принятого при составлении графиков МККР, зависит от среднего колебания высот местности Δh на расстоянии 10 км и более от БС. Для местности с гладким равнинным рельефом (Δh=10 м) поправка, определенная по графику (рисунок 2.1)

$$\hat{A}_{ÐÃËÜÃÔ} = -10,\ äÁ\ .$$

Неравномерность диаграммы направленности приемной антенны БС в горизонтальной плоскости $\sigma_{1кр}$ = -1 дБ .

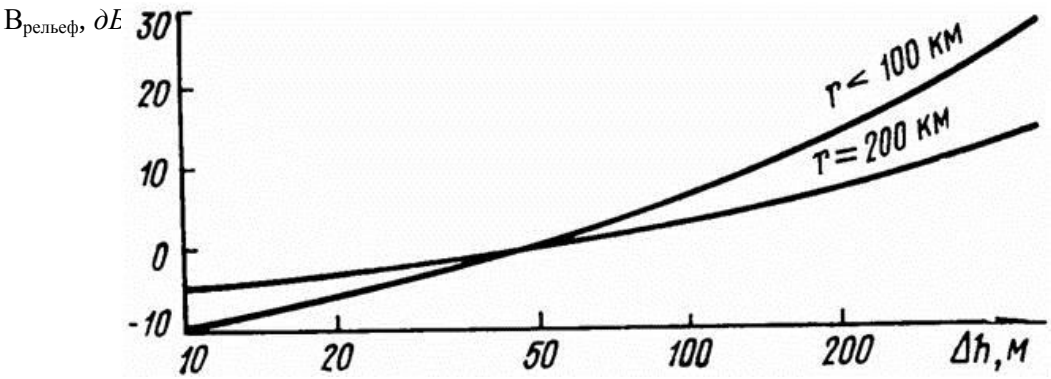


Рисунок 2.2 – Зависимость поправочного коэффициента ослабления от среднего колебания местности

Вычисление радиуса зоны обслуживания

Теперь по формуле (2.2) можно определить необходимый уровень напряженности поля полезного сигнала

$$E_{НЕОБХ} = N_{ШБС} + (S/N)_{ВХБС} + B_{Р_{ЭКВ}АС} + B_{hАС} +$$
$$+ B_{РЕЛЬЕФ} + B_{\%МЕСТ} + B_{ЗАМ} - \sigma_{БС},\ дБ,$$

$$Å_{íÀÎÁÕ} = 3{,}11 + 8 + 25 + 8{,}24 + 11 + 2{,}5 - 10 + 1 = 48{,}9,\ äÁ$$

По графику МККР для высоты установки антенны БС 30 м радиус зоны обслуживания $R = 9$ км.

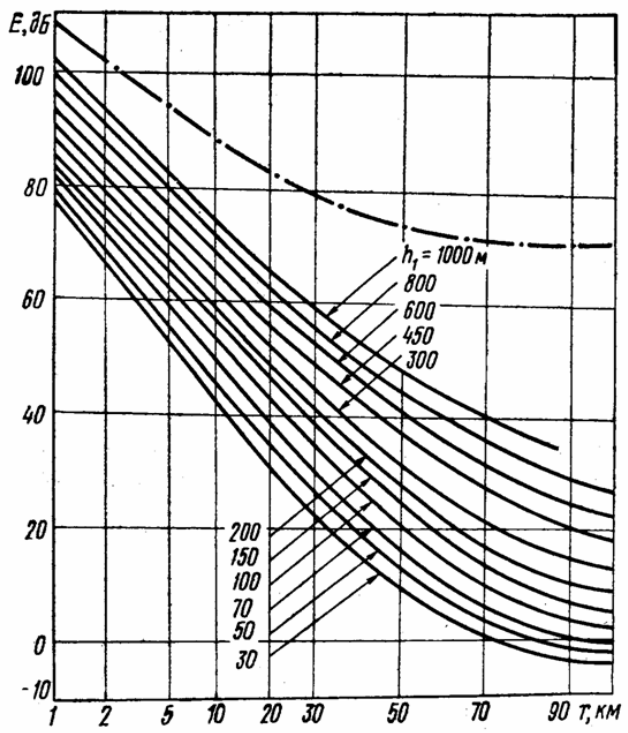


Рисунок 2.3 – Зависимость напряженности поля от расстояния при различных высотах подвеса передающей антенны

Таким образом, с помощью расчета установлено, что при использовании данной аппаратуры связи в зоне обслуживания радиусом порядка 9 км связь в направлении ЦДС-МС будет устанавливаться в 90% времени и мест с отношением сигнал/шум на выходе приемника не хуже 12 дБ. Расчет производился для уровня напряженности внешних помех в месте расположения ЦДС, равного 1.5 мкВ/м.

2.4 Определение оптимальной мощности передатчика БС

Вторым этапом расчета является определение оптимальной мощности передатчика БС обеспечивающей связь в направлении БС - МС в пределах зоны радиусом 9 км с тем же качеством, что и в направлении МС - БС. Методика расчета искомой мощности сводится к определению неизвестного слагаемого $B_{\text{разн}}$ в формуле (2.1) и дальнейшему нахождению требуемой номинальной мощности передатчика из формул (2.12) и (2.13).

Расчет поправки на эквивалентную мощность

Из формулы (2.1) поправка, учитывающая отличие эквивалентной мощности передатчика от мощности 1 кВт

$$\hat{A}_{1\text{Ðýêâ}} = \text{Å}_{2\text{íâîâõ}} - N_{\text{Ø ÁÑ}} - (S/N)_{\text{ÂÕ ÁÑ}} - \hat{A}_{\text{h ÀÑ}} - \\ - \hat{A}_{\text{ÐÂËÜÂÔ}} = B_{\%\text{ÌÁÑÒ}} - \hat{A}_{\text{ÇÀÌ}} + \sigma_{\text{ÁÑ}},\ \text{äÁ}, \qquad (2.19)$$

где $B_{1рэкв}$ - поправка, учитывающая отличие эквивалентной мощности передатчика БС от мощности 1кВт, для которой составлены графики МККР, дБ;

$E_{2необх}$ - необходимый уровень напряженности поля полезного сигнала на границе зоны обслуживания, дБ/мкВ/м;

$N_{2ш}$ - уровень шумов в точке приема, дБ/мкВ/м;

$(S/N)_{2вх}$ - отношение сигнал/шум на входе приемника АС, соответствующее заданному отношению на выходе, дБ;

B_{h2} - поправка, учитывающая отличие высоты установки антенны АС от высоты 10 м, для которой составлены графики МККР, дБ;

$B_{рельеф}$ - поправка на медленные замирания при отличии заданного процента приемных пунктов, в которых обеспечивается напряженность поля, показанная на графиках МККР, от 50%, дБ;

$B_{зам}$ - поправка на быстрые замирания, учитывающая отличие заданного процента времени превышения данной напряженности поля, от 50% времени, дБ;

$B_{рельеф}$ - поправка, учитывающая отличие реального рельефа местности от принятого при составлении графиков МККР, дБ;

$\sigma_{2нр}$ - неравномерность диаграммы направленности приемной антенны НС в горизонтальной плоскости, дБ.

Необходимый уровень напряженности поля полезного сигнала определен на первом этапе расчета

$$E_{2необх} = 48{,}8 \text{ дБ}.$$

Оценка уровня суммарного шума.

Расчет уровня собственных шумов.

Уровень шумов в точке приема складывается из внешних шумов и собственных шумов приемника, пересчитанных к точке приема, и может быть вычислен по формуле (5.3).

Уровень собственных шумов приемника, пересчитанных к точке приема,

$$N_{2ñîá} = \frac{G_{2îò} \cdot \alpha_{2ÀÔÒ}}{(S/N)_{2âõ} \cdot l_{2ä}}, \qquad (2.20)$$

где $N_{2соб}$ - уровень собственного шума приемника АС, приведенного к точке приема, мкВ/м;

$\alpha_{2АФТ}$ - затухание сигнала в антенно-фидерном тракте АС, отн.ед;

$(S/N)_{2вх}$ - отношение сигнал/шум на входе приемника АС, соответствующее заданному отношению на выходе, отн.ед;

$l_{2д}$ - действующая длина антенны АС, м.

Величину $(S/N)_{2вх}$ следует, как и в первой части расчета, принять равной 8 дБ (2.51 отн.ед).

Антенной АС служит четвертьволновой вибратор, действующую длину которого можно определить по формуле

$$l_{2д} = \frac{\lambda_{пер2}}{\pi} \qquad (2.21)$$

где $l_{2д}$ - действующая длина антенны МС, м;

$\lambda_{пер2}$ - средняя длина волны при передаче в направлении БС-АС, м.

$$l_{2д} = \frac{\lambda_{пер2}}{\pi} = \frac{0{,}722}{3{,}14} = 0{,}23, \text{ м.}$$

Теперь можно найти уровень собственного шума приемника АС

$$N_{2сб} = \frac{0{,}35 \cdot 1{,}12}{2{,}52 \cdot 0{,}23} = 0{,}679, \text{ ,мкВ/м.}$$

Оценка помеховой обстановки.

Уровень внешних шумов в пределах зоны обслуживания различен и может достаточно сильно меняться как во времени, так и в пространстве. Ясно, что влияние шумов и помех на качество связи, будет сильнее всего ощущаться на границе зоны обслуживания. Оценка помеховой обстановки во всей зоне - сложная и неоднозначная задача. Лучший способ получения этих данных - экспериментальные измерения. Несмотря на это, ниже приведен один из методов прогнозирования уровня шумов, и хотя он дает результаты для конкретных условий приема, имеет смысл задаться ими, считая, что эти условия считаются худшими.

Известно, что помеховая обстановка в зоне действия сухопутной мобильной радиосвязи в диапазоне частот 30 - 1000МГц (помехи от других станций не рассматриваются) определяется в основном электромагнитным излучением электрооборудования автотранспорта, которое представляет собой нестационарный случайный импульсный процесс с явно выраженной тенденцией к группированию импульсов.

Ниже произведена оценка помеховой обстановки с помощью системы статистических характеристик, составленных путем многочисленных экспериментов. Под системой статистических характеристик подразумевается совокупность данных, с помощью которых целесообразно оценивать параметры процесса помех и их изменчивость в ограниченных интервалах уровней, частоты, времени и пространства.

В используемой методике большое количество источников помех в автомобиле (около двадцати) в зависимости от уровня создаваемых помех

условно разделены на две группы: 1) источники "высоких уровней", 2) источники "низких уровней".

В рассматриваемом случае показателем помеховой обстановки служит среднее эффективное значение напряженности поля помех

$$\overline{E}_{ЭФ} = \sqrt{10^{0,1\cdot\overline{E}_{ЭФ1}} + 10^{0,1\cdot\overline{E}_{ЭФ2}}} \qquad (2.22)$$

где $\overline{E}_{эф}$ - среднее эффективное значение напряженности поля помех, мкВ/м;

$\overline{E}_{1эф}$ - среднее эффективное значение напряженности поля помех первой группы, дБ;

$\overline{E}_{2эф}$ - среднее эффективное значение напряженности поля помех второй группы, дБ.

Среднее эффективное значение напряженности поля помех первой и второй групп источников соответственно

$$\begin{gathered}\overline{E}_{ЭФ1,2} = \overline{E}_{1,2} + 0{,}115\cdot\sigma^2_{E1,2} + 10\lg\left(F_{0ИМП1,2}\right) + \\ +10\lg\left(П_{ПР}\right) - 20\lg\left(П_{ИЗМ}\right) + 20\lg\left(P_0\right) + S - 2{,}7, дБ\end{gathered} \qquad (2.23)$$

где $\overline{E}_{(1..2)эф}$ - значение амплитуд импульсов помех, создаваемых источниками первой и второй групп соответственно, дБ;

S- среднеквадратическое отклонение амплитуд импульсов помех, создаваемых источниками первой и второй групп соответственно, дБ;

$F_{0имп(1.2)}$ - средняя частота повторения импульсов помех амплитуд импульсов помех, создаваемых источниками первой и второй групп соответственно, на нулевом уровне, имп/с;

$П_{пр}$ - полоса пропускания приемного устройства, для которого определяется помехоустойчивость, Гц;

$П_{из}$=120кГц- полоса, в которой измерены параметры помеховой обстановки, Гц;

P_o- вероятность превышения группой импульсов уровня 0 дБ, отн.ед;

S- показатель зависимости затухания процесса от расстояния между источником помех и приемником, дБ.

Среднее значение и среднеквадратическое отклонение амплитуд импульсов помех, создаваемых источниками первой группы, может быть определено из графика амплитудно-частотной статистической характеристики. Те же показатели для источников второй группы определяются с помощью эмпирических соотношений

$$\overline{E}_2 = \overline{E}_1 - [24 - 14(\lg(f_{ПРМ}) - 2{,}16))], \partial Б \qquad (2.24)$$

где $\overline{E}_2$- среднее значение амплитуд импульсов помех, создаваемых источниками второй группы, дБ;

$\overline{E}_2$- среднее значение амплитуд импульсов помех, создаваемых источниками первой группы, дБ;

f_0 - рабочая частота, МГц.

$$S_{E2} = S_{E1} - 4 \qquad (2.25)$$

где S_{E2}- среднеквадратическое отклонение амплитуд импульсов помех, создаваемых источниками второй группы, дБ;

S_{El} - среднеквадратическое отклонение амплитуд импульсов помех, создаваемых источниками первой группы, дБ.

Средняя частота повторения импульсов помех в группах на нулевом уровне определяется по диапазону частот из графика.

Средняя частота повторения импульсов помех, созданных каждой группой источников, на нулевом уровне $F_{0имп}$ определяется по диапазону частот из графика.

Средняя частота повторения импульсов помех, созданных каждой группой источников, на нулевом уровне, имп/с

$$F_{0ИМП1} = F_{0ИМП} \cdot g_1, имп/сек,$$
$$F_{0ИМП2} = F_{0ИМП} \cdot g_2, имп/сек, \qquad (2.26)$$

(2.27)

где q_1 и q_2 - весовые коэффициенты закона распределения вероятности амплитуд импульсов для первой и второй групп соответственно.

Эти коэффициенты можно найти, воспользовавшись эмпирическими соотношениями

$$g_1 = 0{,}164 + 0{,}034(\lg f_{ПРМ} - 1{,}48)$$
$$g_2 = 1 - g_1 \qquad (2.28)$$

. (2.29)

Вероятность превышения группой импульсов уровня ОдБ P_o = 0.935 в рассматриваемом случае.

Зависимость затухания процесса от расстояния между источником помех и приемником, дБ

$$S = 42{,}2 \cdot \lambda^{0{,}895} \cdot \lg\left(\frac{r_0}{r_1}\right), \partial Б \qquad (2.30)$$

где λ - длина волны, м;

r_0 =*3м* - кратчайшее расстояние между антенной измерительного комплекса и движущимся источником;

r_i - расстояние от источника помех до приемной антенны АС, м.

Далее будет определен уровень напряженности поля помех носимой радиостанции на границе зоны обслуживания. Так как считается, что зона обслуживания охватывает весь город, его граница будет проходить за его чертой. Исходя из этого, расчет уровня шумов проведен для радиостанции, находящейся в 7м от автомагистрали.

Из графиков найдены среднее значение амплитуды импульсов помех, создаваемых источниками первой группы

$\overline{E}_1 = 48$ дБ;

и среднеквадратическое отклонение амплитуд импульсов помех, создаваемых источниками первой группы

$S_{E1} = 8{,}5$ дБ.

По формулам (1.24) и (1.25) можно найти те же показатели для источников второй группы

$$\overline{A}_2 = \overline{A}_1 - [24 - 14(\lg(f_{ÏÐì}) - 2{,}16))] = 48 - [24 - 14(\lg(415{,}5) - 2{,}16))] = 30{,}2,\ äÁ,\ \text{дБ},$$

$$S_{E2} = S_{E1} - 4 = 8{,}5 - 4 = 4{,}5 \quad \text{, дБ.}$$

По графику, средняя частота повторения импульсов помех в группах на нулевом уровне

$$\overline{F}_{0èïï} = 1300 \text{ имп/с.}$$

С помощью формул (5.26) - (5.29) найдены частоты повторения импульсов помех, создаваемых каждой группой источников

$$q_1 = 0.164 + 0.034 \cdot (\lg f_0 - 1.48) = 0.164 + 0.034 \cdot (\lg 415.5 - 1.48) = 0.203,$$

$$q_2 = 1 - q_i = 1 - 0.203 = 0.797,$$

$$F_{0\,ИМП1} = F_{0\,ИМП} \cdot g_1 = 1300 \cdot 0{,}203 = 264, \text{имп / сек},$$

$$F_{0\,ИМП2} = F_{0\,ИМП} \cdot g_2 = 1300 \cdot 0{,}797 = 1036, \text{имп / сек},$$

Показатель зависимости затухания процесса от расстояния между источником помех и приемником, определенный по формуле (5.30)

$$S = 42{,}2 \cdot \lambda^{0{,}895} \cdot \lg\left(\frac{r_0}{r_1}\right) = 42{,}2 \cdot 0{,}722^{0{,}895} \cdot \lg\left(\frac{3}{7}\right) = -11{,}6,\ äÁ,\ \text{дБ.}$$

Полосу пропускания приемника МС можно найти по формуле

$$П_{ПР} = 2(\Delta f + F_{МАХ}) = 2(5 + 3{,}4) = 16{,}8, \text{кГц} \qquad (2.31)$$

где $П_{пр}$ - полоса пропускания приемника, кГц;

Δf - величина девиации, кГц;

F_{max} - максимальная звуковая частота модуляции, кГц.

.

Среднее эффективное значение напряженности поля помех первой и второй групп источников найдено по формуле (2.23)

$$\overline{A}_{ÝÔ1} = 48 + 0{,}115 \cdot 9{,}50^2 + 10\lg(264) +$$
$$+10\lg(16{,}8 \cdot 10^3) - 20\lg(120 \cdot 10^3) + 20\lg(0{,}935) + 11{,}6 - 2{,}7 = 8{,}38, äÁ$$

$$\overline{E}_{ЭФ2} = 30{,}2 + 0{,}115 \cdot 4{,}50^2 + 10\lg(1036) +$$
$$+10\lg(16{,}8 \cdot 10^3) - 20\lg(120 \cdot 10^3) + 20\lg(0{,}935) + 11{,}6 - 2{,}7 = -11{,}5, дБ$$

Среднее эффективное значение напряженности поля помех определено по формуле (2.22)

$$N_{ВН} = \overline{E}_{ЭФ} = \sqrt{10^{0{,}1 \cdot 8{,}38} + 10^{0{,}1 \cdot (-11{,}5)}} = 2{,}64, мкВ/м.$$

Так как антенна АС имеет круговую диаграмму направленности и коэффициент усиления 0 дБ, выигрыш по величине отношения сигнал/шум, который дает направленное действие антенны, можно не учитывать. При этом уровень внешних шумов АС

$$N_{2âíþ} = \overline{A}_{ýô} = 2{,}64 ìêÂ \ / ì.$$

По формуле (2.3) уровень суммарного шума в точке приема

$$N_{\Sigma,} = 10\lg(N_{ВН}^2 + N_{СОБ}^2) = 10\lg(2{,}64^2 + 0{,}75^2) = 8{,}71, дБ.$$

Определение поправок.

Поправка, учитывающая отличие высоты подвеса антенны МС от высоты 10 м, для которой составлены графики МККР, была найдена в первой части расчета и согласно формуле (2.14)

$$B_{h2} = 8{,}24 \text{ дБ}.$$

Поправка на медленные замирания при отличии заданного процента приемных пунктов, в которых обеспечивается напряженность поля, показанная на графиках МККР (90%) от 50% была найдена в первой части расчета и согласно формуле (5.15)

$$B_{\%мест} = -11 \text{ дБ}.$$

Поправка на быстрые замирания, учитывающая отличие заданного процента времени превышения данной напряженности поля (90%) от 50% времени была найдена в первой части расчета и согласно формуле(2.16)

$$B_{зам} = 3{,}5 \text{ дБ}.$$

Поправка, учитывающая отличие реального рельефа местности от принятого при составлении графиков МККР была найдена в первой части расчета и согласно формуле (2.17)

$$B_{рельеф} = -10 \text{ дБ}.$$

Неравномерность диаграммы направленности антенны носимой станции

$$\sigma_{2пр} = 0 \text{ дБ}.$$

Теперь можно определить по формуле (2.19) поправку, учитывающую отличие эквивалентной мощности передатчика БС от мощности 1 кВт

$$B_{экв} = E_{необх} - N_{ш} - (S/N)_{вх} - B_{h2} - B_{\%мест} - B_{зам} - B_{рельеф} + \sigma_{пр}, = 48{,}9 - 8{,}71 - 8 - 8{,}24 -11 -3{,}5 +10 +0 = 19{,}5 \text{ дБ}$$

Определение номинальной мощности передатчика.

Из формулы (2.12) поправка, учитывающая номинальную мощность передатчика базовой станции

$$B_{Рном} = B_{1Рэкв} - \alpha_{ф} - a_{н} - (\alpha l)_{пер} + \sigma_{пер} + \varepsilon_{пер}, \qquad (2.32)$$

где $B_{1рнорм}$ - поправка, учитывающая отличие от номинальной мощности 1 кВт, для которой построены графики МККР, дБ;

$B_{1рэкв}$- поправка, учитывающая отличие эквивалентной мощности передатчика БС от мощности 1 кВт, дБ;

$\alpha_{1ф}$ - затухание в резонаторных и мостовых фильтрах БС, антенных разделителях и др., дБ;

$\alpha_{1н}$ - затухание в неоднородностях антенно-фидерного тракта передачи БС, дБ;

$(\alpha l)_{1пер}$ - затухание в фидере передающей антенны БС, дБ;

$\sigma_{1пер}$ - неравномерность диаграммы направленности передающей антенны БС в горизонтальной плоскости, дБ;

$\varepsilon_{1пер}$ - коэффициент усиления передающей антенны БС, дБ.

Затухание в фильтрах и устройствах антенно-фидерного тракта, дБ

$$\alpha_{1ф} = \alpha_{ус} + a_{дф} + К_{АР}, \quad (2.33)$$

где $\alpha_{ус}$ - затухание сигнала в устройстве сложения, дБ;

$\alpha_{дф}$ - затухание сигнала в дуплексном фильтре, дБ;

$K_{АР}$ - коэффициент деления мощности антенного разветвителя, дБ.

$$\alpha_{ф} = \alpha_{ус} + a_{дф} + К_{АР} = 3{,}4+0{,}8+6{,}1 = 10{,}3 \text{ дБ}$$

Если принять, что $\alpha_{1Н}$=-1 дБ, по формуле (5.32), поправка, учитывающая номинальную мощность передатчика

$B_{1Рэкв} = E_{необх} – N_{ш} – (S/N)_{вх} – B_{h2} + B_{\%мест} – B_{зам} – B_{рельеф} + \sigma_{пр}$ = 19.5 - - 10.3 - 1 - 3.14 - 1 + 7.3 = 11.4 , дБ.

Из формулы (4.13), искомая номинальная мощность передатчика базовой станции

$$Р_{ном} = 10^{3 - 0{,}1В_{Рном}} \quad (2.34)$$

где $P_{1ном}$ - номинальная мощность передатчика БС (ЦДС), Вт;

$B_{1рном}$ - поправка на номинальную мощность передатчика, дБ.

$$Р_{ном} = 10^{3 - 0{,}1В_{Рном}} = 10^{3 - 0{,}1\cdot 13{,}4} = 45 \text{ Вт}$$

Согласно произведенному расчету максимальная дальность связи 9 км при высоте подвеса антенны 30 м , а расчетная мощность передатчика БС 45 Вт, что соответствует техническим характеристикам транкинговых радиостанций

3 Бизнес – план

3.1 Резюме

В данной выпускной работе рассматривается возможность проектирования сети цифровой транкинговой связи на базе аппаратуры стандарта TETRA в заповеднике Ассы Алматинской области курорта Кок-Жайляу для служб безопасности.

Капитальные затраты на организацию сети цифровой транкинговой связи составляют 76,27 млн. тенге. Источником инвестиций выступает компания ТОО «АЛСИ Азия Пейдж».

Годовой доход от предоставления услуг связи составит 61,78 млн. тенге.

Срок окупаемости проекта с учетом дисконтирования составляет один год и три месяца.

3.2 Компания и отрасль

Для расчета экономической эффективности проектируемой сети цифровой транкинговой связи в городе Алматы, в условиях плотной городской застройки, требуется определить общие капитальные вложения, годовые эксплуатационные и приведенные затраты.

Использование транкинговых радиостанций позволяет повысить эффективность выполнения работ и существенно снизить расходы на внутрифирменные переговоры по сравнению с использованием сотовых телефонов.

Стандарт TETRA, основанный на частотном разделении каналов, уже на стадии разработки был ориентирован на использование службами общественной безопасности и поэтому проблемам надежности и защищенности связи учтены в нем с исчерпывающей полнотой.

3.3 Описание продукции

Круг пользователей системы может быть ограничен. Различные закрытые группы пользователей могут быть предварительно определены в системе управления (ОМС) и введены в центральный коммутатор. Причем такими группами могут быть и отдельные компании, что расширяет возможности по предоставлению услуг радиосвязи на базе стандарта TETRAPOL для различных организаций. Любая предварительно заданная конфигурация может, при необходимости, быть изменена или активизирована авторизованным пользователем. В случае необходимости, можно обеспечить связью, например, специально сформированные группы, которые, как правило, не взаимодействуют друг с другом. Это позволит им оптимально координировать свои действия.

Стандарт TETRA позволяет использовать обширные телекоммуникационные возможности для обеспечения потребностей тактического и оперативного радиообмена.

3.4 Анализ рынка сбыта

Стандарт TETRA разработан для организации связи специального и ведомственного назначения, в нем учтены специфические требования, предъявляемые к указанным сетям.

На Казахстанском рынке связи в данное время существует не много компаний предоставляющих услуги транкинговой связи. Большинство компаний занимаются аналоговыми системами. Таким образом, транкинговая система TETRA будет предоставлять новый род цифровых услуг, еще не достигший своего насыщения в нашей республике.

Для организаций, основным видом деятельности которой являются спасательные работы, работы по регулированию дорожного движения, оперативного обмена данными, актуальной и необходимой является

оперативная, бесперебойная качественная связь, которая обязательно должна осуществляться круглосуточно. От оперативности соединения и качества принимаемой информации в данном случае могут зависеть жизни людей.

3.5 Менджмент

Будет создан отдел сервисного обслуживания. Абонентам будет предоставлено качественное сервисное обслуживание радиостанций, производимое высококвалифицированными специалистами. Здесь же, производится обслуживание базового оборудования.

В будущем планируется расширение сети. Внедрение новых радиоканалов, увеличение ёмкости всей системы, расширение зоны покрытия сети, что в свою очередь приведет к увеличению числа абонентов. Планируется вывести транкинговую систему TETRA на общепользовательский уровень, доступным, всяким родам организаций. Этот вид связи может так же стать альтернативным для сотовых компаний при возникновении аварий на сети сотовой связи, когда служебная связь становится им недоступной.

3.6 Стратегия маркетинга

Данный проект организация осуществила в сотрудничестве с компанией Matra Nortel Communications (поставщик оборудования).

Заказчиком корпоративной сети являются егерские службы Иле-Алатауского заповедника . Также заказчиками могут выступать крупные компании, которым необходима быстрая, качественная радиосвязь с обширным набором функций от передачи голоса до передачи данных.

Приобретает и устанавливает необходимое оборудование, согласует частотный план, комплектует квалифицированный персонал по содержанию и обслуживанию всей системы компания «АЛСИ Азия Пейдж».

«АЛСИ Азия Пейдж» одна из первых компаний города Алматы, предоставляющая услуги транкинговой связи, следующей ступенью развития которой является организация принципиально новой сети транкинговой связи. Так же компания проводит все работы, связанные с деятельностью предоставления услуг связи и образует структурное подразделение, а также занимается обслуживанием всей системы в данном городе.

Рабочий персонал обслуживающий всю систему в техническом плане состоит из семи человек (таблица 3.1). Техники-электронщики занимаются техническим обслуживанием базового оборудования и непосредственно самих радиостанций. Инженеры программисты следят за нагрузкой системы. Так как связь должна обеспечиваться круглосуточно, то программисты работают посменно.

Таблица 3.1 - Штат сотрудников

Занимаемая должность	Количество человек
Техники-электронщики	3
Инженеры – программисты	4
Итого	7

3.7 Финансовый план

Финансовый план в общем случае является частью бизнес-плана, который включает в себя расчет общих капитальных затрат, доходов, эксплуатационных расходов, прибыли, рентабельности и срока окупаемости

В данном пункте производится расчет затрат на покупку, доставку, установку и запуск оборудования производства компании Matra Nortel Communications. Надежность системы не требует регулярного технического вмешательства при круглосуточной эксплуатации.

Срок службы аппаратуры гарантирован производителем до 10 лет при нормальных эксплуатационных условиях.

Аппаратная для оборудования расположена на территории предоставленной заказчиком без аренды и коммунальных выплат.

Перечень требуемого оборудования сведен в таблицу 3.2

Т а б л и ц а 3.2 – Капитальные затраты на оборудование

Наименование показателя	Значения показателей			
	Количество	Цена, тыс. тенге	Стоимость, тыс.тенге	
			абс.зн	уд.вес, %
Производственная мощность, каналов	16			
Главный коммутатор системы	1	20000	20000	14,23
Базовая станция	4	7000	28000	19,92
Комплект компьютера управления и обслуживания*	2	1200	2400	2,43
Стойка электропитания	4	1200	4800	1,70
Кабельный комплект, коаксиальные разъемы	4	100	400	0,28
Кондиционер Gree серии A13	1	180	180	0,13
Итого			55780	
Прочее оборудование, 10%			5578	9,09
Всего			61358	100,00

*В комплект компьютера управления и обслуживания входят: компьютер PC Dell 620; плата X25; принтер с соединительным кабелем; кабель для соединения с MSW (5м).

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.

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.

Расчёт капитальных затрат

Закупка оборудования осуществляется по ценам представленным в таблице 3.1. Кроме цены на оборудования в размер капитальных вложений входят затраты на транспортировку оборудования, монтаж и другие статьи.

Общие капитальные затраты рассчитываются по формуле:

$$K_{вл} = K_{ОБОР} + K_{МОНТ} + K_{ТРАНС}, \text{ тыс.тенге} \quad (3.1)$$

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

$$K_{МОНТ} = 0.1 \cdot K_{ОБОР}, \text{ тыс.тенге} \quad (3.2)$$

$K_{МОНТ} = 0.1 \cdot 61358 = 6135.8, \text{тыс.тенге}$;

Стоимость транспортировки оборудования:

$$K_{ТРАНС} = 0.03 \cdot K_{ОБОР}, \text{ тыс.тенге} \quad (3.3)$$

$K_{ТРАНС} = 0.03 \cdot 61358 = 1840{,}74, \text{ тыс.тенге}$;

$K_{вл} = 61358 + 6135.8 + 1840.74 = 69334{,}54 \text{тыс.тенге}$;

Результаты расчётов капитальных затрат сведены в таблицу 3.3.

Т а б л и ц а 3.3 – Капитальные затраты на реализацию проекта

Наименование показателей	Значения показателей
Оборудование, тыс.тг	61358,00
Транспортировка (3% от стоимости оборудования), тыс.тг	1840,74
Монтаж (10% от стоимости оборудования), тыс.тг	6135,80
Итого, тыс.тг	69334,54
Прочие затраты, 10%	6933,45
Всего, тыс.тг	76267,99

Расчет эксплуатационных расходов

Определим количество работников, результат сведем в таблицу 3.4:

Вычислим фонд оплаты труда (ФОТ), затраты на ФОТ приведены в таблице (3.4)

Расходы по заработной плате определяются по следующей формуле:

$$ФОТ = ФОТ_{осн} + ФОТ_{доп}, \quad (3.4)$$

$$ФОТ_{осн} = ЗП \cdot 12, \quad (3.5)$$

где ФОТ - фонд оплаты труда (основная и дополнительная заработная плата);

ЗП - заработная плата;

Осн - социальный налог 11 % от ФОТ.

В результате получаем:

$$ФОТ_{осн} = 350 \cdot 12 = 4200, \text{тыс.тенге}.$$

Т а б л и ц а 3.4 - Фонд оплаты труда

Должность	Значение показателей		
	Количество, чел	Месячный оклад, тыс.тг	Годовой оклад, тыс.тг
Инженер 1 категории	1	70	840
Инженер 2 категории	1	60	720
Техник	2	50х2=100	1200
Диспетчер	3	40х3=120	1440
ФОТосн, тыс.тенге	7	350	4200
ФОТдоп (30% от ФОТ), тыс.тенге	1260		
Всего	5460		

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

$$ФОТ_{доп} = Ф_{осн} \cdot 0.3, \tag{3.6}$$

$ФОТ_{доп} = 4200 \cdot 0.3 = 1260$, тыс.тенге ;

В результате получаем фонд оплаты труда:

$ФОТ = 4200 + 1260 = 5460$, тыс.тенге .

Отчисления на социальные нужды производят по установленным нормам от фонда заработной платы работников за вычетом пенсионных отчислений.

$$O_{сн} = \sum_{i=1}^{n} O_i = \sum_{i=1}^{n} H_i \cdot (ФОТ - ПФ), \tag{3.7}$$

где $O_{сн}$ – отчисления на социальные нужды;

O_i – отчисления по i-ому виду фондов;

H_i – установленные нормы отчислений (20% от ФОТ)

ПФ – пенсионный фонд, который на сегодня рассчитывается в размере 10% от *ФОТ*.

$$O_{сн} = 0.11 \cdot (ФОТ - 0.1 \cdot ФОТ), \text{тыс.тенге} \tag{3.8}$$

$O_{сн} = 0.11 \cdot (5460 - 5460 \cdot 0.1) = 540{,}54$тыс.тенге .

Амортизационные отчисления в общем случае рассчитываются как сумма произведений балансовой стоимости основных производственных фондов, не перенесших свою стоимость на созданную продукцию (услуги), на установленную для данного вида ОПФ норму амортизации:

$$A_O = \frac{\sum Ф_{бi} H_{Ai}}{100}, \tag{3.9}$$

На сеть связи по существующему положению в настоящее время норма амортизации НА составляет 25% от капитальных вложений. Таким образом, амортизационные отчисления АО составляют:

$$A_O = \frac{H_A \cdot K_{вл}}{100} \tag{3.10}$$

$$A_O = \frac{25 \cdot 76267.99}{100} = 19067.00, \text{тыс.тенге}.$$

Затраты на электроэнергию для производственных нужд, включают в себя расходы электроэнергии на оборудование и дополнительные.

$$З_{эл.эн} = З_{эл.эн.обор} + З_{доп.нуж}, \quad (3.11)$$

$$З_{эл.эн.обор} = W \cdot T \cdot S, \quad (3.12)$$

где W – потребляемая мощность, кВт;
T – время работы, T=8760 ч/год;
S – тариф, 1кВтч= 10,36 тенге.

$$З_{эл.эн.обор} = 3.8 \cdot 8760 \cdot 10{,}36 = 344863{,}68 \text{тенге/год}.$$

Затраты на дополнительные нужды возьмем по укрупненному показателю 5% от затрат на оборудование:

$$З_{ДОП.НУЖ.} = 0.05 \cdot З_{ЭЛ.ЭН.ОБОР.} \quad (3.13)$$

$$З_{ДОП.НУЖ.} = 0.05 \cdot 344863{,}68 = 17243{,}18 \text{тенге/год},$$

тогда:

$$З_{ЭЛ.ЭН} = 344863{,}68 + 117243{,}18 = 362106{,}86(\text{тенге/год}) = 362{,}1(\text{тыс.тенге/ год}).$$

Аренда за использование радиочастотного спектра 16.5 МРП, согласно годовым ставкам платы за использование радиочастотного спектра транкинговой связью на 1 канал (25 кГц), город Балхаш районного значения с количеством до 50 тысяч человек составляет:

$$A_{СРЧ} = 8 \cdot 16.5 \cdot 1.168 = 154.18, \text{тыс.тенге/ год};$$

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

$$Э_M = 0.005 \cdot K_{ОБОР}, \quad (3.14)$$

$$Э_M = 0.005 \cdot 61358.00 = 3067.90, \text{тыс.тенге}.$$

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

$$Э_{РЕМ} = К_{вл} \cdot 0.05, \quad (3.15)$$

Эксплуатационные расходы

ΣЭ = ФОТ + ОС + М + Э + А + К + Н,

Где ФОТ – фонд оплаты труда (основная и дополнительная зарплата);
ОС – социальный налог (11% от ФОТ);
М – материальные затраты и запасные части (0.5 от кап. вложений);
Э – электроэнергия для производственных нужд;
А – амортизационные отчисления;
К – кредиты;
Н – накладные расходы (75% от кап. вложений)

Кредит берется на оборудование сроком на 3 года со ставкой 10% годовых.

К = 1,1 ·К$_з$/3 = 76268·1,1/3 = 27965 тыс. тенге

Э = 5460 + 540,54 + 0,5·76268 +362,1+19067 +27965 + 0,75 ·76268 =
= 148729,64 тыс. тенге = 148,73 млн. тенге

3.8 Расчет доходов

Доходы от основной деятельности - доходы получаемые предприятиями связи за весь объём реализованных потребителем услуг связи по действующим тарифам.

$$D_o = \sum_{i=1}^{n} q_i \cdot U_i, \quad (3.16)$$

где qi – объем i-ого вида услуг в натуральном выражении;

Ui – тариф на i-й вид услуг, в тенге;

n – номенклатура услуг.

или определиться по среднедоходной таксе

$$D_o = \sum_{i=1}^{n} q_{исхпл} \cdot \tau_{T_i}, \quad (3.17)$$

где n – номенклатура услуг;

$q_{исх\ пл}$ – исходящий платёжный обмен по видам;

τ_{Ti} – среднедоходная такса по i-му виду услуг связи.

Основной доход от предоставления услуг транкинговой радиосвязи будет рассчитываться по тарифу, за основу которого принята средняя продолжительность вызова из пункта 5 настоящей работы. В среднем абонент производит вызов длительностью 20 секунд, по рассчитанной сетке нагрузки получаем, что все абоненты парка АС делают по 6000 вызовов в час (см.таблицу 3.1). Тариф выбираем равным 40 тг/мин с посекундной тарификацией.

Подсчитаем годовой доход от предоставляемых услуг:

Количество минут разговора составит:

$$t_{мин} = \frac{6000 * 20}{60} = 2000 мин$$

Согласно тарифу посчитаем доход за полученные минуты разговора:

$$D_{в_час} = 40 * 2000 = 80000 тг$$

Продолжительность рабочего дня составляет 8 часов, подсчитаем, зная это, доход в день:

$$D_{в_день} = 8 * 80000 = 640000 тг$$

Приняв количество рабочих дней в месяце равное 26 дням (6 дневная рабочая неделя) получим:

$$D_{в_мес} = 26 * 640000 = 16{,}64 млн.тг$$

Посчитаем доход от разговоров в сети за год:

$$D_{в_год} = 12 * 16{,}64 = 199{,}68 млн.тг$$

Прибыль *П = Д – Э$_р$ = 199,68 – 148,73 = 51 млн. тенге*

Подоходный налог *П$_н$ = 0,2 ·П = 51 ·0,2 = 10,2 млн. тенге*

Чистая прибыль $ЧД = П – П_н = 51 – 10,2 = 40,8$ *млн тенге*

Экономическая эффективность

$E_a = ЧД/К_{вл} = 40,8/76,268 = 0,53$

Срок окупаемости $Т_{ок} = 1/E_a = 1/0,53 = 1,88$ *года*

3.9 Оценка срока окупаемости проекта с учетом фактора времени

При принятии решений в бизнесе о долгосрочных инвестициях возникает потребность в прогнозировании их эффективности. Для этого рассчитываются следующие показатели:

чистая приведенная стоимость - NPV (Net Present Value);

индекс рентабельности инвестиций - PI (Profitability Index);

дисконтированный срок окупаемости инвестиций - DPB (Discounted Payback Period).

Международная практика оценки эффективности проектов базируется на концепции временной стоимости денег. Оценка эффективности использования инвестируемого капитала производится путем сопоставления денежного потока (cash flow), который формируется в процессе реализации инвестиционного проекта и исходной инвестиции. Проект признается эффективным, если обеспечивается возврат исходной суммы инвестиций и требуемая доходность для инвесторов, предоставивших капитал.

Инвестируемый капитал, равно как и денежный поток приводится к настоящему времени или к определенному расчетному году (который, как правило, предшествует началу реализации проекта).

Дисконтированием называется процесс приведения (корректировки) будущей стоимости денег к их текущей (современной стоимости).

Процесс дисконтирования капитальных вложений и денежных потоков производится по различным ставкам дисконта, которые определяются в зависимости от особенностей инвестиционных проектов. Нормы дисконта могут устанавливаться инвестором, исходя из ежегодного процента возврата, который он хочет или может иметь на инвестируемый капитал.

Коэффициент дисконтирования рассчитывается по формуле:

$$\alpha_t = \frac{1}{(1+r)^t}, \qquad (3.19)$$

где α_t - коэффициент дисконтирования;

r - норма дисконта;

t - номер шага расчета.

Е – норматив приведения разновременных затрат (норма дисконта), учитывающий инфляционные процессы в экономике за рассматриваемый период (Iинф), минимальный гарантированный уровень доходности проекта (Р) и инвестиционный риск (r).

NPV, или чистая приведенная стоимость проекта, является важнейшим критерием, по которому судят о целесообразности инвестирования в данный проект. Для определения NPV необходимо спрогнозировать величину финансовых потоков в каждый год проекта, а затем привести их к общему знаменателю для возможности сравнения во времени. Чистая приведенная стоимость (Net Present Value – NPV) относится к группе методов дисконтирования денежных потоков или DCF-методов.

Пусть I_0 — сумма первоначальных затрат, т.е. сумма инвестиций на начало проекта;

PV — современная стоимость денежного потока на протяжении экономической жизни проекта.

Общая накопленная величина дисконтированных доходов рассчитывается по формуле:

$$PV = \sum_{t=1}^{n} \frac{P_t}{(1+r)^t}, \tag{3.20}$$

где r - норма дисконта;

n — число периодов реализации проекта;

P_t — чистый поток платежей в периоде t.

Текущая стоимость затрат (I_0) сравнивается с текущей стоимостью доходов (PV). Разность между ними составляет чистую текущую стоимость проекта (NPV).

$$NPV = \sum_{t=1}^{n} \frac{PV_t}{(1+r)^t} - I_0, \tag{3.21}$$

Если рассчитанная таким образом чистая современная стоимость потока платежей имеет положительный знак (NPV > 0), это означает, что в течение своей экономической жизни проект возместит первоначальные затраты Io, обеспечит получение прибыли согласно заданному стандарту, а также ее некоторый резерв, равный NPV.

Индекс рентабельности (доходности) инвестиций (PI). Индекс рентабельности представляет собой отношение суммы приведенных эффектов к величине инвестиционных затрат. Индекс рентабельности (PI) рассчитывается по формуле:

$$PI = \sum_{k} \frac{PV_k}{(1+r)^k} \Big/ I \tag{3.22}$$

Если PI > 1, то проект следует принять.

Критерий PI характеризует доход на единицу затрат.

В отличие от чистого приведенного эффекта индекс рентабельности является относительным показателем.

Срок окупаемости инвестиций с учетом дисконтирования – один из самых простых и широко распространен в мировой практике, не предполагает временной упорядоченности денежных поступлений. Он состоит в вычислении количества лет, необходимых для полного возмещения первоначальных затрат, т.е. определяется момент, когда денежный поток доходов сравняется с суммой денежных потоков затрат (расчет чистой текущей стоимости с нарастающим итогом).

Сведем расчет показателей эффективности инвестиций в таблицу 3.6.

Т а б л и ц а 3.6 –Показатели эффективности инвестиций с учетом нормы дисконта равной 20%

Показатели	Проектный период				
	1г.	2г.	3г.	4г.	5г.
Чистый денежный поток, млн. тг.	40,8	40,8	40,8	40,8	40,8
Инвестиционные затраты, млн. тг.	76,27				
Норма дисконта	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Коэффициент дисконтирования	0,83	0,69	0,58	0,48	0,40
Чистая текущая стоимость (PV), млн. тг.	33,9	28,1	23,7	19,6	16,3
Чистый дисконтированный поток(NPV), млн.тг	45,33				
Индекс рентабельности инвестиций	1,6				
Чистая текущая стоимость с нарастающим итогом	-3	7,8	20,2	31,5	41,98

Сведем основные экономические показатели в таблицу 3.7.

Таблица 3.7 – Основные экономические показатели при организации сети транкинговой связи стандарта TETRA в городе Алматы

Показатели	
Капитальные вложения, млн. тенге	76,27
Эксплуатационные расходы, млн. тенге	148,73
Доход от основной деятельности, млн. тенге	40,8
Чистый дисконтированный доход (NPV), млн. тенге	45,33
Срок окупаемости с дисконтированием, год	1,88

Итак, в результате расчетов я убеждаюсь в целесообразности проекта и в его рентабельности (индекс рентабельности равен 1,6). Срок окупаемости в 1,88 года вполне удовлетворяет установленным стандартам. Чистый дисконтированный доход проекта составит 45,33 млн. тенге.

4 Безопасность жизнедеятельности

4.1 Анализ условий труда

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

Характеристики здания и помещения

Здание относится к I степени огнестойкости (СНиП РК 2.02-05-2002).

Т а б л и ц а 4.1 - Конструктивная характеристика зданий в зависимости от их степени огнестойкости (СНиП РК 2.02-05-2002)

Степень огнестойкости	Конструктивные характеристики
I	Здания с несущими и ограждающими конструкциями из естественных или искусственных материалов, бетона или железобетона с применением листовых или плитных негорючих материалов

Здание, на котором планируется установить базовую станцию, не будет расположено вблизи перегруженной автомагистрали, аэропорта, железнодорожного полотна, поэтому вредность в качестве повышенного шума отсутствует. Здание является высотным, базовое оборудование и технический персонал располагаются на последнем этаже. Приемо-передающая антенна вынесена на крышу того же здания.

В соответствии с ГОСТ 12.1.038-82 помещение можно отнести к помещениям без повышенной опасности, т.к. это помещение без пыльное, сухое, с нормальной температурой и изолирующими паркетными полами, не имеющее

заземленных металлоконструкций. Персональные компьютеры можно отнести к первому классу электротехнических изделий по способу защиты человека от поражения электрическим током ГОСТ 12.2.007.0-76, т.к. их корпуса сделаны из токонепроводящей пластмассы, и каждое устройство имеет заземляющую жилу и вилку с заземляющим контактом. Осциллографы и блоки питания также заземляются. Каждая силовая розетка в помещении оснащена дополнительным заземляющим контактом, следовательно, расчет заземления и зануления в рабочем помещении производить не нужно. В соответствии с правилами устройства электроустановок ЭВМ можно отнести к электроустановкам с рабочим напряжением до 1000 В. В соответствии с СНиП II-68-78 площадь кабинетов вычислительной техники с настольными вычислительными машинами должна удовлетворять условию - не менее 3 $м^2$ на одно рабочее место. Площадь на одно рабочее место равно 4.8 $м^2$, следовательно, данное помещение удовлетворяет требованиям. Кратность воздухообмена в помещении узла также регламентируется СНиП II-68-78, она должна составлять 30 $м^3$/час на одно место, так как, естественная циркуляция воздуха не возможна и для поддержания необходимой температуры воздуха необходимо устанавливать дополнительные средства вентиляции или кондиционирования воздуха. Данное помещение оснащено искусственным освещением, поэтому нет необходимости рассчитывать искусственное освещение под выполняемый тип работы. Выполнение данных требований обеспечит поддержание в помещении узла оптимального значения влажности и состава воздуха.

Размеры рабочей аудитории: высота помещения-3 м, ширина-3.5 м, длина-5.5 м. Общая площадь помещения составляет 19,25 $м^2$. Остекление комнаты двойное с пластиковым переплетом, размеры окна 1700х1800. По разряду зрительной работы помещение относится к IV разряду с наименьшим размером объекта различения от 0.5 до 1 мм (ГОСТ 12.1.028-80).

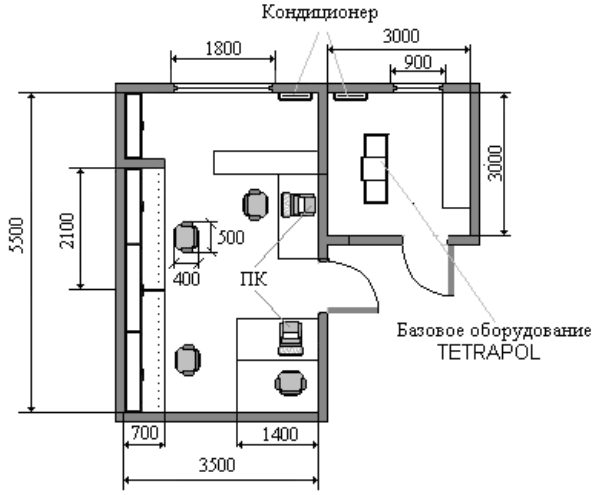


Рисунок 4.1 - План рабочего помещения

Производственный персонал, занимающийся обслуживанием системы, состоит из четырех человек: два инженера-техника и два инженера-программиста. Базовое оборудование находится в отдельной звукоизоляционной комнате, где с помощью кондиционера поддерживается постоянная температура 20 C^0, для искусственного охлаждения оборудования.

Характеристики используемого оборудования

Используемое оборудование:

цифровые паяльные станции WSD151 (класс защиты 1, антистатическая защита, штекер заземления на передней панели) ;

люминесцентные лампы ЛБ-40;

универсальные осциллографы Motorola (класс защиты 1, антистатическая защита, штекер заземления);

персональные компьютеры (ПК).

Рабочее место

Выполняемая работа относится к категории легких работ (категория Iб), выполняемых в сидячем положении (ГОСТ 12.2.032-78). Высота рабочей поверхности: 725 мм, высота сиденья: 420 мм (ГОСТ 12.2.032-78), данные ГОСТа указаны в таблице 4.2.

Т а б л и ц а 4.2 - Виды работ (ГОСТ 12.2.032-78)

Наименование работ	Класс работ	Пол работника	Высота рабочей поверхности при организации рабочего места	Высота сиденья
Легкие работы (конторская работа)	Класс Iб (работа, выполняемая в сидячем положении)	Мужской	725 мм	420 мм

Размер различаемых в процессе работы объектов: 0.5-1 мм, расстояние от объекта до глаз работника: 300-500 мм – разряд зрительной работы: IV (СНиП РК 2.04.-0.5-2002).

Таблица 4.3 - Разряд зрительной работы (СНиП РК 2.04.-0.5-2002)

Размер минимального различаемого объекта	Расстояние от объекта до глаз работника	Разряд зрительной работы
0.5-1 мм	300-500 мм	IV

Нормирование параметров микроклиматических условий

Метеорологические условия внутренней среды рабочей аудитории, определяются действующими на организм человека сочетаниями температуры, влажности и скорости движения воздуха, а также температуры поверхностей ограждающих конструкций, технологического оборудования и теплового облучения.

Показателями, характеризующими микроклимат, являются: температура, относительная влажность и скорость движения воздуха; интенсивность теплового облучения. Обычно микроклимат оценивают в рабочей зоне, представляющей собой пространство высотой до 2 м над уровнем мест постоянного или временного нахождения работников.

Сочетания параметров микроклимата, которые при длительном систематическом воздействии на человека могут вызвать переходящие и быстро нормализующиеся изменения теплового состояния организма, сопровождающиеся напряжением механизмов терморегуляции, не выходящим за пределы физиологических приспособительных возможностей, рассматриваются как допустимые климатические условия. При этом не возникает повреждений организма или нарушений состояний здоровья, но могут наблюдаться дискомфортные теплощущения, ухудшение самочувствия и понижение работоспособности.

Микроклимат рабочей аудитории оказывает значительное влияние на работника. Отклонения отдельных параметров микроклимата от рекомендованных значений снижают работоспособность, ухудшают самочувствие работника и могут привести к профессиональным заболеваниям.

Согласно ГОСТ 12.1.005-88 и СНиП 2.04.05-86 ССБТ "Воздух рабочей зоны, общие санитарно-гигиенические требования", работа людей в аудитории относится к работе легкой физической тяжести (производится сидя, стоя или связана с ходьбой и сопровождается некоторым физическим напряжением). Категории работ по энергозатратам приведены в таблице таблица 4.4

Т а б л и ц а 4.4 - Категории работ по энергозатратам организма

Работа, Категория	Энергозатраты организма, Дж/с (ккал/час)	Характеристика работы
Легкая физическая Iб	138-172 (120-150)	производится сидя, стоя или связана с ходьбой и сопровождается некоторым физическим напряжением

Оценка микроклимата

В таблице 6.6 приведены оптимальные нормы параметров микроклимата с учетом периода года согласно ГОСТ 12.0.003-88 . ССБТ для легкой физической работы. Оборудование, установленное в рабочем помещении не является источником выделения тепла (очень незначительное выделение тепла

аппаратурой никаким образом не оказывает влияние на микроклимат рабочего помещения).

Климатические условия эксплуатации оборудования полностью совпадают с климатическими условиями, нормируемыми для рабочего персонала.

В рабочей аудитории не предусмотрена система вентиляционного кондиционирования, однако естественная вентиляция не позволяет поддерживать климатические параметры рабочего помещения в пределах нормы.

Т а б л и ц а 4.5 - Оптимальные нормы параметров микроклимата

Период работы	Категория работы	Температура, С°	Скорость движения воздуха не более, м/с
Холодный и переходный	I б	21-23	0.1
Теплый	I б	22-24	0.2

Таким образом, для поддержания условий микроклимата в аудитории, целесообразно оборудовать его системой кондиционирования.

Пожарная безопасность

Рабочее помещение по вопросам пожарной безопасности относится к классу “Д”.

В соответствии с типовыми правилами пожарной безопасности административные здания и отдельные помещения и технологические установки обеспечиваются первичными средствами пожаротушения согласно нормативам.

Т а б л и ц а 4.6 - Нормативы первичных средств пожаротушения на промышленных предприятиях и складах (ГОСТ12.1.004-91)

Помещение, сооружение, установка	Площадь, $м^2$	1	2	3	4	5	6	7	8
Административные и вспомогательные здания и сооружения, служебно-бытовые помещения, архивы, библиотеки, КБ, закрытые склады	≥200	-	-	≥4	-	-	1	-	1

Номерами обозначены столбцы:

3 – пенные, химические, воздушно-пенные и жидкостные огнетушители;

6 – ящик с песком и лопата;

8 – бочка с водой, вместимостью не менее 0.2 $м^3$ и ведро;

Рабочая аудитория имеет площадь 19.25 $м^2$, поэтому оно оборудуется химическим огнетушителем в количестве 1 шт.

4.2 Рациональная организация рабочего места оператора

В связи с тем, что работа производится оператором постоянно в положении «сидя», неправильное расположение оборудования и его неудобное положение на рабочем месте могут привести к нежелательным физиологическим изменениям, повышенной утомляемости, и, как следствие, повышению производственного травматизма.

Одним из главных средств отображения информации и одной из основных составных частей ПК является дисплей. Именно с него оператор-студент получает данные о состоянии объекта управления и результаты своей деятельности. Для хорошего восприятия информации, включающего соответствующую читаемость, скорость и точность считывания, зрительная индикация должна удовлетворять определенным эргономическим требованиям.

Для ввода оператором данных документ рекомендуется располагать на расстоянии 500 мм от глаза оператора, преимущественно слева, при этом угол между экраном дисплея и документом в горизонтальной плоскости должен составлять 30-40 градусов. Угол наклона клавиатуры рекомендуется устанавливать 15 градусов. Экран дисплея, документы и клавиатуру необходимо расположить так, чтобы перепад яркостей поверхностей, зависящий от их расположения относительно источника света, не превышал 1:10.

При планировке рабочего места необходимо учитывать удобство расположения дисплея, клавиатуры, а также зоны досягаемости рук оператора.

4.3 Расчет тепловыделения от искусственного освещения

Источниками избыточного тепла являются электроустановки, светильники, промышленные печи, люди и др. Кроме того, необходимо учитывать теплопоступления от солнечной радиации. В данном помещении тепловыделением электронного оборудования можно пренебречь. Поэтому учитываем тепловыделения от искусственного освещения, от людей, количество тепла, поступающего в помещение через окна от солнечной радиации.

Тепловыделения от искусственного освещения Q_2, рассчитывают, предполагая, что практически вся затрачиваемая энергия в конечном счете преобразуется в тепло, по формуле:

$$Q_2 = N, \tag{4.1}$$

где N - расходуемая мощность светильников, Вт: $Q_2 = 320 Вт$.

Тепловыделения от людей Q_3 определяют по формуле:

$$Q_3 = n \cdot q_{\times}, \tag{4.2}$$

где n - число работающих;

$q_{\times}$ - количество тепла, выделяемое одним человеком, Вт (таблица 4.7).

Т а б л и ц а 4.7 - Количество тепла, выделяемое одним человеком в зависимости от категории работ и температуры окружающей среды

Категория работ	Тепло, Вт			
	Полное		Явное	
	при 10^0С	при 35^0С	при 10^0С	при 35^0С
Легкая	180	145	150	5

$Q_3 = 4 \cdot 145 = 580 Вт;$

Количество тепла, поступающего в помещение от солнечной радиации $Q_{ОСТ.РАД}$, определяют по формуле:

$$Q_{ОСТ.РАД} = F_{ОСТ} \cdot q_{ОСТ} \cdot A_{ОСТ}, \quad (4.3)$$

для покрытий:

$$Q_{П.РАД} = F_n \cdot q_n \cdot k_n, \quad (4.4)$$

где $F_{ОСТ}$ и F_n - площадь поверхности и покрытия, м^2;

$q_{ОСТ}$ и q_n - теплопоступления через 1 м^2 поверхности остекления и поверхности покрытия, при коэффициенте теплопередачи, равном $1\frac{Вт}{м^2 \cdot {}^0 C}, \frac{Вт}{м^2}$;

$A_{ОСТ}$ - коэффициент остекления;

k_n - коэффициент теплопередачи покрытия, $\frac{Вт}{м^2 \cdot {}^0 C}$;

Значение $q_{ОСТ}$ в зависимости от географической ориентации поверхности и характеристики окон или фонарей принимается в пределах 70-210, а коэффициента $A_{ОСТ}$ в зависимости от вида остекления и его солнцезащитных свойств – в пределах 0.25-1.25, средние значения теплопоступления от солнечной радиации через покрытие в зависимости от географической широты и вида покрытия принимают в пределах 6-24.

$F_{ОСТ} = 1.7 \cdot 1.8 = 3.06, м^2,$

Окно рабочего помещения направлено строго на восток, поэтому примем значение $q_{ОСТ}$ равным $190\frac{Вт}{м^2 \cdot {}^0 C}$. Поскольку остекление образовано светлым стеклом и без стального переплетения, то примем $A_{ОСТ}$=0.35.

$Q_{ОСТ.РАД} = 3.06 \cdot 190 \cdot 0.35 = 203.49,$ Вт.

Среднее значение теплопоступления для покрытия с учетом географической широты примем равным $Q_{П.РАД} = 42$, Вт.

Потери тепла из помещения $Q_{УХ}$, кВт через стены двери, окна оценивают ориентировочно по формуле:

$$Q_{УХ} = \frac{\lambda \cdot S \cdot (t_{ВЫТ} - t_{ПР})}{\delta}, \qquad (4.5)$$

где λ - теплопроводность стен, $\frac{Вт}{м^2 \cdot {}^0 C}$;

S - площадь, м^2;

δ - толщина стен, м.

Стены рабочего помещения изготовлены из тяжелого бетона М600, теплопроводность которого равна $1.2 \frac{Вт}{м \cdot {}^0 C}$. Толщина стен $\delta = 0.3 м$.

$Q_{УХ} = \frac{1.2 \cdot 16.5 \cdot (22.4 - 16)}{0.3} = 422.4$, Вт.

Вычислим суммарное количество поступающей в помещение явной теплоты:

$$\sum Q = Q_2 + Q_3 + Q_{ОСТ.РАД} + Q_{П.РАД}; \qquad (4.6)$$

$\sum Q = 320 + 580 + 203.49 + 42 = 1145.5$, Вт.

Вычислим величину избыточного выделения явной теплоты:

$O_{ИЗБ} = 1145.5 - 422.4 = 723$, Вт.

Вычислим количество приточного воздуха:

$L_{ПР} = \frac{723}{1 \cdot 1.2 \cdot (22.4 - 16)} = 94.14, \frac{м^3}{ч}$.

4.4 Расчет искусственного освещения

Условия естественного освещения на промышленных предприятиях, оказывают большое влияние на зрительную работоспособность, физическое и моральное состояние людей, и, следовательно, на производительность труда и производственный травматизм. Освещение в помещении станции ZXC10 должно быть комбинированным (естественным и искусственным), чтобы обеспечить комфортную работу человеку с персональным компьютером, оборудованием.

Совмещенное освещение используется при недостаточности естественного освещения. Последнее представляет собой освещение, при котором в светлое время суток используется одновременно естественный и искусственный свет.

Для работы операторов в темное время суток основную роль играет искусственное освещение. Оно создаётся искусственными источниками света (лампа накаливания, газоразрядные лампы). Применяется из-за отсутствия и недостатка естественного освещения. По назначению бывает: рабочим, аварийным, эвакуационным, охранным, дежурным.

При проектировании освещения рабочего места оператора необходимо учесть такие характеристики как яркость и контраст фона.

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

При освещении рабочего места большую роль играет контраст между непосредственным полем действия оператора и смежными поверхностями. Слишком малый контраст ухудшает восприятие текста, а слишком большой - вызывает неприятные для глаз отблески. Непосредственное поле зрения оператора должно быть освещено ясно, а смежные поверхности в отношении 3/1.

Поддержание рациональной цветовой гаммы достигается правильным выбором осветительных установок, обеспечивающих необходимый световой спектр. В процессе эксплуатации осветительных установок необходимо предусматривать регулярную очистку от загрязнении светильников и остекленных проемов, своевременную замену отработавшей свой срок службы лампы, контроль напряжений питания осветительной сети, регулярную и рациональную окраску стен, потолка, оборудования.

Для удовлетворения вышеперечисленным требованиям осуществляют расчет по одному из предложенных методов, т. к. помещение еще не оборудовано системой освещения, то воспользуемся точечным методом коэффициента использования.

Исходные данные для расчета:

длина помещения – 10 м;

ширина помещения – 6 м;

высота помещения – 3,2 м;

высота рабочей поверхности h_P - 0,8 м;

разряд зрительной работы – III (высокой точности).

Помещение операторского зала свежепобелено, с окнами без штор, цвет пола – светлый, поэтому соответствующие коэфф. отражения примем равными: $p_{пот}$ = 70%; $p_{ст}$ = 50%; $p_{пол}$ = 30%.

Для операторского зала используем люминесцентные лампы ЛБ40 (белого цвета), мощностью 40 Вт, световым потоком 3120 лм, диаметром 40 мм и длиной со штырьками 1213,6 мм. Они имеют высокий срок службы (до 14 000 часов) и оптимальную световую отдачу.

Определим оптимальное расстояние между светильниками:

$$Z = \lambda \times h, \ м \ , \qquad (4.7)$$

где λ выбирается в диапазоне 1,2 – 1,4;

$h = H - h_P = 3{,}2 - 0{,}8 = 2{,}4$ *м*.

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

Z = λ × h = 1,2 × 2,4 = 2,88 м.

Рассчитаем число рядов светильников:

$$n = \frac{B}{Z} \text{, рядов ,} \qquad (4.8)$$

где B – ширина помещения, B = 6 м;
Z – расстояние между светильниками, Z = 2,88 м.
Откуда:

$$\mathrm{n} = \frac{\mathrm{B}}{\mathrm{Z}} = \frac{6}{2{,}88} = 2{,}08 \text{ м.}$$

Следовательно, светильники располагаются в два ряда.
Определим число светильников:

$$N = \frac{E \times K_з \times S \times z}{n \times \Phi_Л \times \eta} \text{, шт ,} \qquad (4.9)$$

где E – заданная минимальная освещенность светильника. Для персонала работающего с ЭВМ E = 400 лк;

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

S – освещаемая площадь, S = 6 х 10 = 60 м2;

z — коэффициент неравномерности освещения, z = 1,1÷1,2;

η - коэффициент использования;

ФЛ – световой поток одной лампы, ФЛ = 3120 лм.

n – число ламп в светильнике.

Так как $p_{пот}$ = 70%; $p_{ст}$ = 50%; $p_{пол}$ = 30%, то определяем, что коэффициент использования η = 56% .

В качестве светильника возьмем ЛСП02, рассчитанный на две лампы мощностью 40 Вт, диаметром 40 мм и длиной со штырьками 1213,6 мм. Длина светильника 1234 мм, ширина 276 мм.

Таким образом:

$$N = \frac{E \times K_З \times S \times Z}{n \times \Phi_Л \times \eta} = \frac{400 \times 1{,}5 \times 60 \times 1{,}1}{2 \times 3120 \times 0{,}56} = 11{,}33 \approx 12\,\text{шт} \qquad (4.10)$$

Т.е. 12 светильников расположенных в три ряда, в каждом ряду по четыре светильника, в каждом светильнике по две лампы.

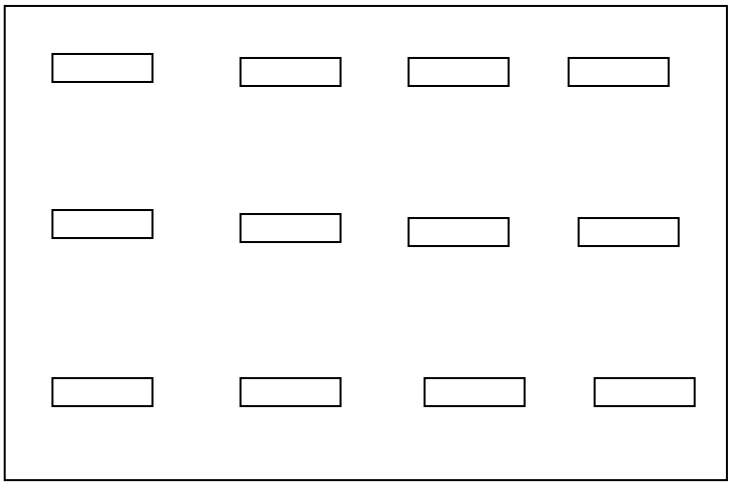


Рисунок 4.2 - Схема расположения светильников

В результате проделанных расчетов была оснащена системой кондиционирования воздуха комната обслуживающего персонала. В результате мы имеем рабочее помещение, которое удовлетворяет основным требованиям, предъявляемым к рабочему месту.

Заключение

В данном дипломном проекте исследованы возможности организации сети транкинговой связи на курорте Кок-Жайляу в заповеднике Ассы Алматинской области.

Рассмотрены классификация систем транкинговой радиосвязи, принципы работы сетей транкинговой связи и их свойства.

Изучены методы и принципы построения транкинговых сетей радиосвязи, услуги сетей транкинговой связи . произведен анализ стандартов транкинговой связи, а именно рассмотрены аналоговый стандарт транкинговой связи MPT 1327, его функциональные возможности, архитектура системы, основные характеристики системы.

Рассмотрены цифровые стандарты транкинговой связи, принцип работы цифровых систем связи, подробно описан стандарт цифровой транкинговой связи TETRA.

В расчетной части произведен расчет ожидаемой дальности связи и оптимальной мощности передатчика базовой станции транкинговой сети.

Приведены методики расчета, сделан расчет дальности связи в направлении МС – БС, определена оптимальная мощность передатчика БС транкинговой сети.

В экономической части рассмотрен бизнес-план проекта. произведен анализ рынка сбыта, рассмотрены стратегия маркетинга, финансовый план, сделан расчет доходов, оценка срока окупаемости.

В разделе «Безопасность жизнедеятельности» произведен анализ условий труда, сделаны расчеты искусственного освещения и тепловыделения от искусственного освещения.

Таким образом, все поставленные задачи успешно решены.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Громаков Ю.А. Стандарты и системы подвижной радиосвязи. – М.: Радио и связь, 2011

2 Карташевский В.Г. и др. Сети подвижной связи – М.: ЭКОТ РЕНДЗ, 2011.

3 Соколов А.В.. Адрианов В.И. Альтернатива сотовой связи: транкинговые системы.— СП6.: ВХВ—Петербург; Арлит,2002.—448с.

4 Коньшин С.В., Сабдыкеева Г.Г. Теоретические основы систем связи с подвижными объектами: Учебное пособие. – Алматы: АИЭС, 2007.

5 Коньшин С.В. Транкинговые радиосистемы: Учебное пособие. – Алматы: АИЭС, 2008.

6 К.т.н., доцент Гоцуляк А.Ф., Месяцев С.В., Орлов С.Н. TETRAPOL: взгляд снаружи и вид изнутри. Москва, 2014. – 269 с.

7 Ранко Пинтер (Ranko Pinter). TETRA: основные положения. Журнал «Сети», №02, 2010.

8 Радиосвязь / Под ред. О.В. Головина. – М.: Горячая линия – Телеком, 2011.

9 http://bezpeka.com/files/lib_ru/217_zaschinfvolopt.zip

10 http://www.geysertelecom.ru/rus/products/full/alvarion_breezemax

11 runiokr.info/niokr/potentsialnaya-skrytnost-signalov.html

12 Аманжолова К.Б. Менеджмент в телекоммуникационном комплексе. Учебное пособие.-Алматы:АИЭС, 2010.-113 с.

13 Голубицкая Е.А., Жигульская Г.М. Экономика связи – М.: Радио и связь, 2010. – 454 с.

14 М.К. Дюсебаев. БЖД. МУ к выполнению раздела в дипломных проектах (для студ. всех специальностей) А - 2011, 11 с.

15 М.К. Дюсебаев. БЖД. МУ к выполнению раздела в дипломного проекта для студентов всех форм обучения направления 210000 – Электроэнергетика – А – 2013 - 27 с.

16 Бобкова О.В. Охрана труда и техника безопасности при работах с ПК. Омега-Л; 2009

17 Верховский Е.И. Пожарная безопасность на предприятиях радиоэлектроники. – М.: Высшая школа, 2010

18 Долин П.А. Основы техники безопасности в электроустановках. – М.: Энергоатомиздат, 2011

19 Беляров Ю. А., Хлопков В. В. Охрана труда в организациях связи. Практические рекомендации, М., Книжный мир; 2014

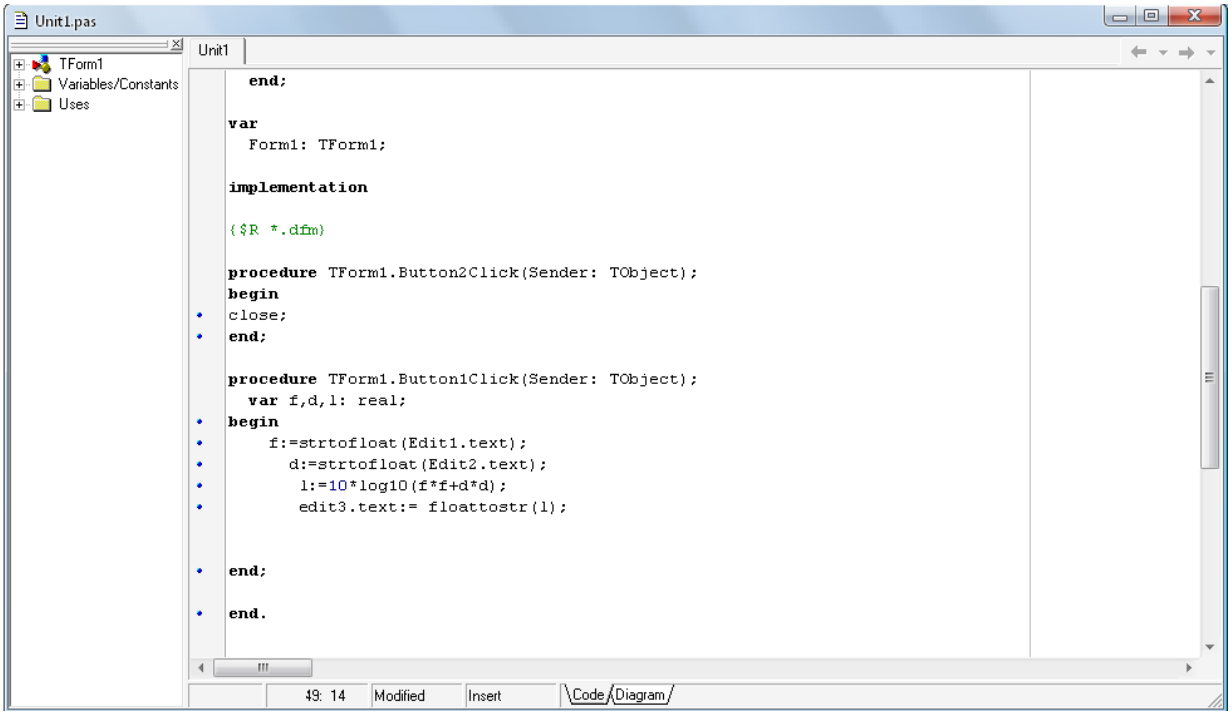
20 Берикулы А.. Дипломное проектирование. – Алматы: АИЭС, 2007

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Листинг программа Delphi

```
unit Unit1;
interface
uses
  Windows, Messages, SysUtils, Variants, Classes, Graphics, Controls, Forms,
  Dialogs, StdCtrls, ExtCtrls,Math, jpeg;
type
  TForm1 = class(TForm)
    Image1: TImage;
    Edit1: TEdit;
    Edit2: TEdit;
    Edit3: TEdit;
    Button1: TButton;
    Button2: TButton;
    Label1: TLabel;
    Label2: TLabel;
    Label4: TLabel;
    Label5: TLabel;
    Label7: TLabel;
    Label8: TLabel;
    Label9: TLabel;
    procedure Button2Click(Sender: TObject);
    procedure Button1Click(Sender: TObject);
  private
    { Private declarations }
  public
    { Public declarations }
  end;
var
  Form1: TForm1;
implementation
{$R *.dfm}
procedure TForm1.Button2Click(Sender: TObject);
begin
close;
end;
procedure TForm1.Button1Click(Sender: TObject);
  var f,d,l: real;
begin
    f:=strtofloat(Edit1.text);
```

```
      d:=strtofloat(Edit2.text);
       l:=10*log10(f*f+d*d);
       edit3.text:= floattostr(l);
end;
end.
```

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Окно расчета программы Delphi