МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество
АЛМАТИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ

кафедра Телекоммуникационные системы.

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

ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

На тему: Организация радиорелейной связи между городом Талдыкурган - Сарыозек.

Специальность 5В071900 „Радиотехника, электроника и телекоммуникации"

Выполнил (а) Шабаков Р.М. АТСу-10-1.
(Фамилия и инициалы) **группа**

Научный руководитель к.ф-м.н. доц. Карыгин К.Г.
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)

Консультанты:

по экономической части:
Бабич А.А.
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
_____ «03» июня 2014 г.
(подпись)

по безопасности жизнедеятельности:
Маканбаева С.Е. старший преподаватель
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
_____ «3» 06 2014 г.
(подпись)

по применению вычислительной техники:
Сейсенова Д.О. старший преподаватель.
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
_____ «04» 06 2014 г.
(подпись)

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

Нормоконтролер: старший преподаватель Сократович А.Т.
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
_____ «5» 6 2014 г.
(подпись)

Рецензент: старший преподаватель Полякова Л.В.
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
_____ «06» 06 2014 г.
(подпись)

Алматы 2014 г.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество

АЛМАТИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ

Факультет ЗО и ДС

Специальность 0807 1900 „Радиотехника электроника и телекоммуникации"

Кафедра Телекоммуникационных систем.

ЗАДАНИЕ

на выполнение дипломного проекта

Студент Мабаков Ринад Макифович.

(фамилия, имя, отчество)

Тема проекта Организация радиорелейной связи между городом Талдыкурган - Сарыозек.

утверждена приказом ректора № ___ от «___» сентября 20___ г.

Срок сдачи законченной работы «___» _____ 20___ г.

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

Протяженность трасса 105 км; „РРЛ Талдыкорган - Сарыозек"

Вариант трафика E1

Максимальное число пролетов 3

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

1. Обоснование выбора мест расположения станций РРЛ и оборудования для радиорелейной трасса Талдыкорган - Сарыозек.
2. Расчет профиля пролета Талдыкорган - Баяныс
3. Расчет пролета Баяныс - Актекше.
4. Расчет пролета Актекше - Сарыозек.
5. Выбор оборудование.
6. Бизнес план
7. БЖД.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)

Карта радиорелейной линии связи Талдыкорган - Балпык - Актекше - Сарподек.
Профиль пролета РРЛ Талдыкорган - Балпык
Профиль пролета Балпык - Актекше
Профиль пролета Актекше - Сарподек
Приложение: листинг программы ProfEdit.

Рекомендуемая основная литература

Мордухович Л.Г., Степанов А.П. Системы радиосвязи. Курсовое проектирование: Учеб. пособие для ВУЗов. М.: Радио и связь, 2006. - 192с.
Проектирование радиорелейных линий прямой видимости: Ингвар Хенке, Пер Торвальдсен-Берген; Nera Telecommunications, 2010 г. 153с.
Голубицкая Е.А., Жигулевская Г.М. Экономика связи. М.: Радио и Связь, Гончарук В.Д., Какаев Н.Д. Экономика, организация и планирование предприятий связи. М., 2004.
Бобкова О.В. Охрана труда и техника безопасности при работах. Омега-Л; 2005.

Консультанты по проекту с указанием относящихся к ним разделов

Раздел	Консультант	Сроки	Подпись
Экономическая часть	Грабих А.А	30.04 - 3.06.14.	
БЖД	Маканбаева С.Е.	30.04-3.06/14.	
Вычисл. тех.	Сейтенова А.О.	26.05 - 04.06.14	
Техническая часть	Кадыров Х.Г.	26.05. - 04.06.14	

Г Р А Ф И К
подготовки дипломного проекта

№ п/п	Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления руководителю	Примечание
1.	Организация радиорелейной линии связи.	26.05 - 28.05.14	
2.	Требования, предъявляемые при выборе трасс РРЛ	29.05 - 31.05.14.	
3.	Выбор оборудования.	1.06 - 02.06.14	
4.	Расчет радиорелейной линии Талдыкорган - Сарыозек	03.06 - 04.06.14	
5.	Бизнес - план	31.05 - 02.06.14.	
6	Безопасность жизнедеятельности	30.05 - 02.06.14.	

Дата выдачи задания «____»_____20___ г.

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

Руководитель _____ _____
(подпись) (Фамилия и инициалы)

Задание принял к исполнению
студент _____ Шабанов Р.Г.
(подпись) (Фамилия и инициалы)

Аннотация

В данной дипломной работе рассмотрена возможность организации радиорелейной линии связи Талдыкорган – Сарыозек.

Предложены методы организации радиорелейной линии связи, типы станций РРЛ. Также проработаны вопросы плана распределения частот, рассмотрены цифровые технологии, применяемые на РРЛ.

Кроме того рассмотрены принципы формирования цифровых сигналов, произведены выбор частотного диапазона проектируемой РРЛ, выбор оборудования и фирмы производителя.

Рассчитаны и построены три профиля пролета линии, временные параметры, произведена проверка норм трассы.

В экономической части приведен бизнес-план проекта. Кроме того рассмотрены вопросы безопасности жизнедеятельности.

Андатпа

Айтылмыш дипломдық жұмыста байланыстың радиорелелік сызығының ұйымының мүмкіндігі Талдықорған - Сарыозек.

Байланыстың радиорелелік сызығының ұйымының әдістері, РРЛ бекетінің үлгілері ұсын. Да жиіліктің таратушылқының жоспарының сұрақтары проработаны, бас РРЛ қолдан- цифрлық технологиялар қара.

Басқа ана цифрлық белгінің құралымының ұстанымдары қара-, жобала-РРЛ жиіліктің диапазонының талғамы, жабдықтың және өндірушінің фирмасының талғамы жаса.

Өлшеулі және салып бер сызықтың өткнінің үш профильсы, мезгілдіктің параметрлерінің, жаса трассаның шамасының тексерісі.

Экономикалық бөлікте жобаның бизнес-план келтір. Басқа ана тіршілік әрекетімнің қауіпсіздігінің сұрақтары.

Annotation

In this thesis work examined the possibility of organizing radio-relay lines between the city Taldykorgan and the city Saryozek.

Proposed methods of radio-relay link, types of radio relay station.

Also worked questions frequency allocation plan, considered digital technology, used in radio-relay lines.

Besides considered principles of digital signals, made the choice of the frequency range of the projected radio lines, selection of equipment and company of manufactures.

Designed and built three profile flight line, timing options, made verification standards track.

In the economic part of the project is a business plan. Besides the issues of life safety.

Содержание

Введение 7
1 Организация радиорелейной линии связи 8
1.1 Принципы организации радиорелейной связи 8
1.2 Построение радиорелейной линии связи 10
1.3 Типы станций 11
1.4 Планы распределения частот 13
2 Требования, предъявляемые при выборе трассы РРЛ 14
2.1 Классификация интервалов радиорелейных линий 15
2.2 Рекомендации по выбору рабочих частот 17
2.3 Обоснование выбора мест расположения станций РРЛ и оборудования для радиорелейной трассы Талдыкорган – Сарыозек 18
3 Выбор оборудования 20
3.1. Правила размещения оборудования 20
3.2 Выбор фирмы производителя 22
3.3 Описание оборудования 23
4 Расчет радиорелейной линии Талдыкорган – Сарыозек 25
4.1 Выбор оптимальной трассы и мест расположения станций РРЛ 29
4.2 Частотный план и выбор поляризации на интервалах 30
4.3. Исходные данные для расчета пролетов радиорелейной линии Талдыкорган – Сарыозек 31
4.4 Расчет профиля пролета Талдыкорган- Балпык 33
4.5 Расчет пролета Балпык - Актекше 46
4.6 Расчет пролета Актекше - Сарыозек 49
5 Бизнес-план 52
5.1 Резюме 52
5.2 Компания и отрасль 52
5.3 Описание услуги 53
5.4 Анализ рынка сбыта 53
5.5 Менеджмент 54
5.6 Маркетинг 54
5.7 Финансовый план 54
6 Безопасность жизнедеятельности 64
6.1 Анализ условий труда 64
6.2 Выбор огнетушителей, расчет их количества, установка пожарных извещателей 67
6.3 Расчет системы искусственного освещения 68
6.4 Расчет системы вентиляции 70
6.5 Электробезопасность 71
Заключение 75
Приложение 76
Список литературы 79

Введение

Беспроводные методы передачи могут охватывать большие территории в короткие сроки. Они более быстро могут быть развернуты на глобальных территориальных линиях, что особенно актуально для больших пространств нашей необъятной страны. Также это можно применят в труднодоступных горных районах.

Радиорелейная связь используется в промышленности, на транспорте, для нужд населения, для служб МЧС, МВД, армии. Диапазон применения и простота развертывания данной связи позволяет ей внедряться в любые отрасли народного хозяйства. Поэтом совсем не случайно радиорелейная связь уже в течение длительного времени считается наиболее экономически выгодной как по цене, по быстроте развертывания и срокам окупаемости. Данный вид связи может использоваться при стихийных бедствиях, чрезвычайных ситуациях именно из-за быстроты развертывания и простоты установки антенн. Кроме того возможно применение беспроводных видов связи в труднодоступных районах (высокогорье). Что особенно актуально для нашей необъятной страны. Среди прочих достоинств цифровые радиорелейные линии связи ЦРРС имеют высокую скорость передачи, а значит и пропускную способность(155 Мбит/с и более). Диапазон частот 3,4-11,7 ГГц.

Цифровые радиорелейные линии могут передавать несколько сотен тысяч различных типов сигналов. При этом качество передачи не уступает альтернативным методам связи (ВОЛС, спутниковые линии связи). Особенно активно данный вид связи используется в ведомственных, корпоративных, региональных, национальных и даже международных сетях связи. Среди прочих преимуществ РРЛ, одним из главных является возможность использования имеющихся помещений, опор и инфраструктуру имеющихся сооружений.

Следующее достоинство – организация многоканальной связи на участках местности со сложным рельефом, что особенно актуально в горных районах Казахстана. Кроме всего прочего, данный вид связи иногда является единственно допустимым при вышеперечисленных условиях.

Следует упомянуть, что при ЧС радиорелейная линия является наилучшей для аварийного и наиболее быстрого восстановления связи. Далее ЦРРС является эффективной для развертывания большых цифровых сетей в больших городах и индустриальных зонах, где прокладка новых кабелей слишком дорога или невозможна.

Данный диплом посвящен организации радиорелейной линии связи на участке Алматинской области Талдыкорган – Сарыозек для обеспечения населения и производственных структур, в том числе воинскую часть в Сарыозеке надежной связью.

1 Организация радиорелейной линии связи

1.1 Принципы организации радиорелейной связи

Рассмотрим принцип организации связи с помощью радиорелейных систем передачи. На каждом из двух концов устанавливается комплект оборудования для организации связи, который обычно включает в себя внутренний блок, внешний модуль и излучающая параболическая антенна. Внутренний модуль устанавливается в аппаратной, в непосредственной близости к телекоммуникационному оборудованию, либо в специальный термоизоляционный контейнер. Он выполняет задачи коммутации и мультиплексирования нескольких сигналов в один, модуляцию сигнала на промежуточную частоту, управление внешним модулем, а также отвечает за переключение на резерв, если это предусмотрено конструкцией РРЛС. Внутренний модуль может обслуживать от одного до нескольких комплектов внешнего оборудования (внешний модуль + антенна).Внешний модуль представляет собой преобразователь, который переносит сигнал с промежуточной частоты, полученный от внутреннего модуля на основную частоту, лежащую в пределах 6-38 ГГц. то его главная функция. Внутренний и внешний модули соединяются, обычно, коаксиальным кабелем. После перемодуляции сигнала во внешнем модуле сигнал излучается через параболическую антенну. С противоположной стороны должен быть установлен аналогичный комплект оборудования. Обычно все современные РРЛ являются дуплексными, т.е. и передавать, и принимать сигнал они могут через один и тот же комплект оборудования (см.рисунок 1.1).

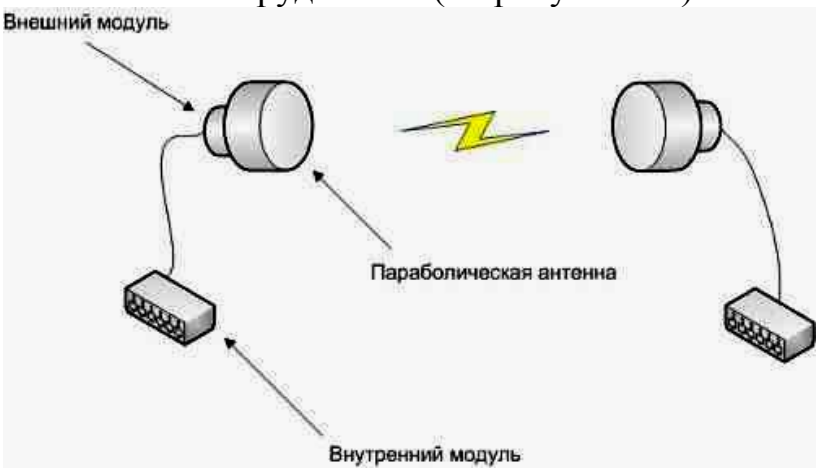


Рисунок 1.1 - Структура радиорелейного пролета

При развертывании радиорелейных линий связи необходимо обеспечить прямую видимость между антеннами РРС. Этот процесс называется юстировка. С ее помощью нужно добиться для двух антенн наибольшего уровня сигнала на приемной стороне с помощью перемены направления излучения главного лепестка. От этого зависит устойчивость РРЛ пролета к внешним метеоусловиям.

Кроме того, уровень сигнала, может повлиять на способность системы к некоторым производителей оборудования, когда определенный уровень минимум является способность потеря РРЛ. Современная РРЛ, максимальный размер ограничен 50 км. Цифровая передача, шифрование, они по-прежнему из-за неблагоприятной иммунной метеоусловиям. Обычно ограничения, введенные спектр может выдержать "чистый", то есть, должны быть та же антенна должна быть не барьером между. Кроме того, самая низкая частота, параболических антенн должны использоваться для максимального диаметра. Они, как правило снижается ЦРРС емкости также. Но на самом деле, в большинстве случаев менее используется в течение длительного пролетов. В настоящее время на рынке телекоммуникационного оборудования представлено множество вариантов различных производителей, как по емкости, так и по стоимости. Существуют радиорелейные линии, которые позволяют передавать до 500 Мбит/сек и поддерживают транспортные потоки 2xSTM-1, Fast и Gigabit Ethernet. Однако данные системы достаточно дорогие и на практике большее распространение нашли ЦРРС емкостью 16 и 64 E1 потоков.

Системы цифровых радиорелейных линий связи предусматривают помехоустойчивое кодирование и резервирование. Но они имеют недостаток: обладают меньшей надежностью, чем кабельные линии связи. Поэтому на важных интерфейсах, например BSC-MSC, RNC-MGW, RNC-SGSN и т.п., обычно применяются кабельные линии связи.

В настоящее время ЦРРЛС 10 Вт передатчик, и даже в последнее время используется 0,5 Вт. Для обеспечения стабильной антенна получить до 46 дБ необходимо. Обычно дециметровые антенны имеют 30 дБ усиления, и антенна 46 дБ см. Основной высокой емкости контура двухчастотная РРЛ по крайней мере, 65 часов 70 дБ требуют защитные антенны действий и применение.

Прием и передача путь между выбросами и уменьшить поле поглощения должны быть взаимно ортогональны Поляризация антенны, чтобы получить. Это одновременная передача в и различные поляризации, беру волну питания, антенны, мощности и диаграммы направленности антенн, которые будут сделаны, должны быть асимметричными.

Отраженные волны в тракте питания приводят к нелинейности фазовой характеристики последнего, что вызывает нелинейные искажения в сигнале. Допустимая величина коэффициента отражения, вызванного рассогласованием линии с антенной, для многоканальных систем недолжна превышать 2 % во всей рабочей полосе частот. Для этих систем полоса частот, удовлетворяющая данному требованию, должна составлять 10 ч 15 % от несущей частоты высокочастотного сигнала.

Радиорелейная связь используется в промышленности, на транспорте, для нужд населения, для служб МЧС, МВД, армии. Диапазон применения и простота развертывания данной связи позволяет ей внедряться в любые отрасли народного хозяйства. Поэтом совсем не случайно радиорелейная связь уже в течение длительного времени считается наиболее экономически выгодной как по цене, по быстроте развертывания и срокам окупаемости. Данный вид связи

может использоваться при стихийных бедствиях, чрезвычайных ситуациях именно из-за быстроты развертывания и простоты установки антенн. Кроме того возможно применение беспроводных видов связи в труднодоступных районах (высокогорье). Что особенно актуально для нашей необъятной страны. Среди прочих достоинств цифровые радиорелейные линии связи ЦРРС имеют высокую скорость передачи, а значит и пропускную способность(155 Мбит/с и более). Диапазон частот 3,4-11,7 ГГц.

1.2 Построение радиорелейной линии связи

Радиорелейная связь уже в течение длительного времени считается наиболее экономически выгодной как по цене, по быстроте развертывания и срокам окупаемости. Данный вид связи может использоваться при стихийных бедствиях, чрезвычайных ситуациях именно из-за быстроты развертывания и простоты установки антенн. Кроме того возможно применение беспроводных видов связи в труднодоступных районах (высокогорье). Что особенно актуально для нашей необъятной страны. Среди прочих достоинств цифровые радиорелейные линии связи ЦРРС имеют высокую скорость передачи, а значит и пропускную способность(155 Мбит/с и более). Диапазон частото 3,4-11,7 ГГц. Для передачи используются сложные методу модуляции, например многопозиционная модуляция.

Любая радиорелейная линия разделена на секции. Секция представляет собой комбинацию элементов, образующих коммутируемую секцию (см. рисунок 1.2). Это радиорелейная секция с оконечными станциями (ретрансляторами с вводом/выводом) на обоих концах и без ретрансляторов между ними, или же с промежуточными ретрансляторами. С помощью секции можно выполнять функции переключения на резерв. Секция используется для передачи трафика данных. Секции могут быть соединены вместе для образования сети больших размеров. Обязательно необходим канал передачи служебной информации, который выполняет операции контроля и управления. Деление на секции нужно для резервирования сети по участкам, а также более надежной работы всей линии связи [2].

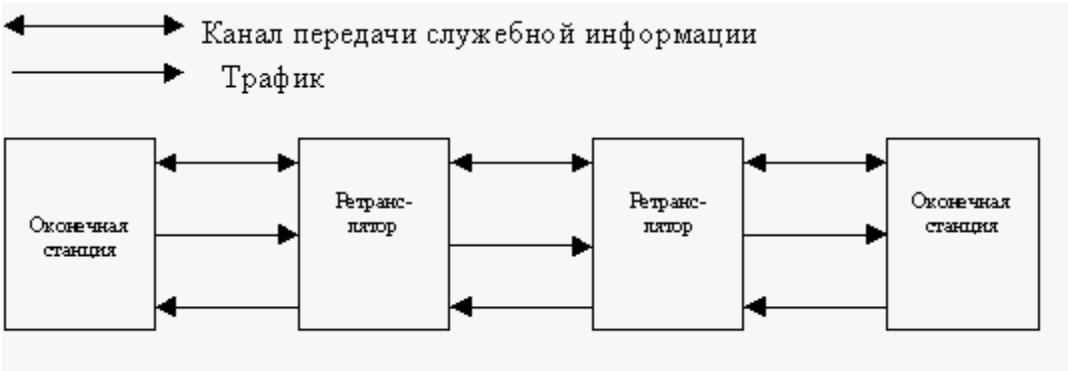


Рисунок 1.2 - Схема радиорелейной секции

Оборудование, применяемое на станциях, относится к одному из трех

типов, называемых оконечными станциями (терминалами), ретрансляторами с вводом/выводом (дубль-терминалами) и просто ретрансляторами (репитерами). Терминал – оконечная станция, дубль-терминал – промежуточная станция, на которой происходит резервирование. Репитер –это промежуточная станция без возможности резервирования. Для передачи сигналов используется система N+1(N основных и один резервный ствол) или N+0(нет ствола для резервирования).Магистральные радиорелейные линии связи должны обязательно иметь резервирование, тогда как зоновые могут обойтись без него. Резервирование происходит автоматически, критерием резервирования является появление шумов или ошибок в приемном сигнале. Сигнал резервируется только между двумя терминалами, при этом используется резервный ствол целой секции. Основная часть неисправности оборудования или селективный (т.е. зависит от частоты) .

1.3 Типы станций

Основные типы РРС: оконечная (ОРС), узловая (УРС) и промежуточная (ПРС). На ОРС и УРС устанавливают радиопередатчики и радиоприемники. В составе радиопередатчика - модулятор Мд и передатчик СВЧ сигнала П, в составе радиоприемника - приемник СВЧ сигналов Пр и демодулятор Дм. В передатчике СВЧ модулированный сигнал промежуточной частоты (ПЧ) преобразуется в сигнал СВЧ либо УВЧ диапазона, в приемнике СВЧ происходит обратное преобразование принятого СВЧ сигнала в сигнал ПЧ. Приемник СВЧ и передатчик, СВЧ вместе образуют приемопередатчик СВЧ, устанавливаемый на ПРС.

На ОРС в конце РРЛ, в том числе МТС, передаваемых в качестве сигналов на входе и выбора.

На ПРС происходит ретрансляция радиосигнала: прием, усиление, сдвиг по частоте и передача в направлении следующей РРС. При передаче радиосигналов вещательного телевидения по РРЛ на каждой ПРС предусмотрена возможность выделения телевизионной программы. Станция, на которой такая возможность реализована, называется ПРС с выделением телевидения (ПРСВ).

На УРС имеет место ретрансляция радиосигнала и разветвление РРЛ. От УРС часто берут начало новые РРЛ или кабельные линии связи. На УРС всегда происходит выделение из МТС части ТФ сигналов и ввод новых, поэтому там всегда устанавливают модуляторы и демодуляторы

Конструктивно они включили устройство, называемое модем. Рекомендуемое для нашей страны среднее расстояние между соседними УРС составляет 250 км.

На УРС, как правило, имеет место разветвление радиосигналов вещательного телевидения, так называемый транзит по ПЧ. Поскольку модемы вносят шумы, то исключение их из схемы позволяет улучшить отношение сигнал-шум в канале на конце РРЛ. На крупных УРС, где сходятся несколько

РРЛ, устанавливают специальные коммутаторы по ПЧ сигналов вещательного телевидения, позволяющие оперативно выбирать ту или иную программу. Модуляторы устанавливают лишь на тех УРС, где необходимо ввести новую ТВ программу. Рекомендуемое расстояние между такими УРС в нашей стране - 2500 км [3].

Предоставление услуг по эфирной и существования в воздухе. Воздушный устройство под названием выживание и среда распространения сигнала между соседними КПП в рамках радиорелейных линий. Терминал или узел два соседних радиостанции, в окружении реле линия называется реле сайт радио. Разность уровней сигналов на выходе и входе приемопередатчика ПРС превышает 100 дБ. Чтобы предотвратить самовозбуждение этого устройства, радиосигналы одного направления связи на ПРС (УРС) принимают и передают на разных частотах f1 и f_2. Частотным сдвигом называют величину fсдв = |fa - f1|. Обычно на магистральных РРЛ fсдв=266 МГц.

Особенности обслуживания. На РРЛ обслуживающий персонал постоянно присутствует только на ОРС и УРС. Для контроля за состоянием аппаратуры на ПРС и управления ею используют систему телеобслуживания (ТО), при организации которой всю РРЛ разбивают на эксплуатационные участки, содержащие до 10 РРС. В середине такого участка находится УРС, с которой управляют работой ПРС участка, расположенных по обе стороны от УРС. Оконечные РРС обслуживают близлежащие ПРС. Для повышения надежности и устойчивости работы аппаратуру РРЛ резервируют. Распространены два способа автоматического резервирования: постанционное и поучастковое. При постанционном резервировании в случае неисправности рабочего комплекта аппаратуры на данной станции происходит автоматическая замена его на резервный, работающий на тех же частотах.

При резервировании по участкам, на каждой станции устанавливают рабочие и резервные комплекты приемопередатчиков СВЧ. В этом случае рабочие частоты у них не совпадают. При аварийной ситуации на любой ПРС происходит автоматическое переключение модемов на концах радиорелейного участка, после этого передача сигналов происходит с помощью резервных СВЧ приемопередатчиков. На РРС с поучастковым резервированием на концах участка устанавливают аппаратуру резервирования. С их помощью контролировать состояние аппаратуры ВЧ-диапазона и включите модем. Команда с конца участка, во-первых, о каналы служебной связи. Каналы служебной связи для передачи сигналов технического облуживания и переговоры обслуживающего персонала. [4].

1.4 Планы распределения частот

Для работы РРЛ выделены полосы частот шириной 400 МГц в диапазоне 1, 2 ГГц (1,7...2,1 ГГц), 500 МГц в диапазонах 4 (3,4... 3,9), 6 (5,67 ...6,17) и 8 (7,9... 8,4) ГГц и шириной 1 ГГц в диапазонах 11 и 13 ГГц и более высокочастотных. Эти полосы распределяют между ВЧ стволами

радиорелейной системы по определенному плану, называемому планом распределения частот. Планы частот составляют так, чтобы обеспечить минимальные взаимные помехи между стволами, работающими на общую антенну.

В полосе 400 МГц может быть организовано 6, в полосе 500 МГц - 8 и в полосе 1 ГГц-12 дуплексных ВЧ стволов.

В плане частот чаще всего указывают среднюю частоту f_0. Частоты приема-передачи находятся в разных полосах выделенного диапазона. Частота сдвига (прием-передача) достаточно большая, что позволяет получить хорошую развязку между сигналами приема и передачи, так как режекторные фильтры приема (или РФ передачи) будут работать только в половине всей полосы частот системы. Для приема и передачи сигналов применяется общая антенна. Также дополнительная развязка в одной антенне происходит за счет применения разных типов поляризации. На РРЛ используют волны с линейной поляризацией: вертикальной или горизонтальной. Применяют два варианта распределения поляризаций. В первом варианте на каждой ПРС и УРС происходит изменение поляризации так, что принимают и передают волны разной поляризации. Во втором варианте в направлении "туда" используют одну поляризацию волн, а в направлении "обратно"- другую

На магистральных РРЛ применяются двухчастотные системы. В плане частот не предусмотрены защитные частотные интервалы между соседними стволами приема (передачи). Поэтому сигналы соседних стволов трудно разделить с помощью режекторного фильтра. Чтобы избежать взаимных помех между соседними стволами, на одну антенну работают либо четные, либо нечетные стволы. С точки зрения частоты указать минимальную частоту разделения между стволами передачи и приема, подключенных к одной антенны. Часто, даже стволы используются на магистральной радиорелейной, Нечетные - ответвлений от них. В этом случае частота приема и передачи между стволами магистральных радиорелейных распределенных по дуальной системе, и между стволами зоны РРЛ с четырехфотонной системы. На практике план частот, реализованный на РРЛ на основе двухчастотной (четырехчастотной) системы, называют двухчастотным (четырехчастотным) планом [4].

На РРЛ имеет место повторение частот передачи через пролет. При этом для того, чтобы снизить взаимные помехи между РРС, работающими на одинаковых частотах, станции располагают зигзагообразно относительно направления между оконечными пунктами. При нормальных условиях распространения сигнал от РРС1 на расстоянии в 150 км сильно ослаблен и практически не может быть принят на РРС4. Однако в отдельных случаях возникают благоприятные условия для распространения. В целях надежного ослабления такой помехи используют направленные свойства антенн. На трассе между направлением максимального излучения передающей антенны РРС1, т. е. направлением на РРС2, и направлением на РРС4 предусматривают защитный

угол изгиба трассы α_1 в несколько градусов, так чтобы в направлении АС коэффициент усиления передающей антенны на РРС1 был достаточно мал [5].

2 Требования, предъявляемые при выборе трассы РРЛ

Беспроводные методы передачи могут охватывать большие территории в короткие сроки. Они более быстро могут быть развернуты на глобальных территориальных линиях. Хотя их пропускная способность и быстродействие меньше чем у ВОЛС. Тем не менее, реализация затрат, гибкости и скорости позволяет эти системы развиваются по волоконной оптике. Каждая из этих систем имеет свои преимущества и недостатки.

Обеспечение связью населенных пунктов с учетом перспективы их развития.

Обеспечение высокого и стабильного по уровню и по времени принимаемого сигнала. Надежность и качество связи должна удовлетворять нормам.

Радиорелейные станции располагаются зигзагообразно во избежание интерференционных замираний.

Необходимо обеспечить удобство электроснабжения, подъездные пути, возможность реализации продукции связи.

Радиорелейные станции по возможности располагаются на естественных возвышенностях с целью снижения высоты подвеса антенн.

Радиорелейные станции по возможности располагаются вдали от аэродромов. Запрещается использование плодородных пахотных земель.

Тип РРЛ определяется исходя из протяженности трассы, а так же исходя из скорости передачи цифровых сигналов. Протяженность проектируемой трассы составляет 100 км., а скорость передачи 2,048 Мбит/с. Следовательно данная линия является линией местной связи [4].

2.1 Классификация интервалов радиорелейных линий

Интервалы РРЛ подразделяются на три группы в зависимости от действительной величины просвета H ('g) в наиболее высокой точке профиля и величины, критического просвета H_0:

- открытые если H(g) >Ho;
- полуоткрытые (или полузакрытые), если O<H(g) <HO;
- закрытые, если H (g) <O.

Таким образом, H_0 есть просвет, разграничивающий открытые и полузакрытые интервалы. В зависимости от типа интервала используются разные методы оценки затухания радиоволн на трассе. Другими словами для разных типов интервалов множитель ослабления рассчитывается по-разному. На открытых интервалах где значение достаточно велико, Hg достаточно велико, при расчетах множителя ослабления используется интерференционные формулы, учитывающие интерференцию прямых и отраженных от земли волн.

На полуоткрытых интервалах значение H_g значение просвета недостаточно для применения интерференционных формул и множитель ослабления рассчитывается по дифракционным формулам. На закрытых интервалах характеризующихся чаще всего “отрицательным просветом” т.е. когда препятствие на интервале профиля трассы пересекает линию прямой видимости, множитель ослабления рассчитывается также по дифракционным формулам [6]

Для РРЛ работающих в сантиметровом и дециметровом диапазонах волн, весьма существенно чтобы трасса была открытой ($H_g<H_0$) или, в крайнем случае, полузакрытой ($0<H_g<H_0$) Закрытых трасс для связи в этих диапазонах следует избегать. В этом случае следует выбрать другую трассу т.е. изменить положение одной или даже обеих радиорелейных станций.

Для радиорелейных линий, работающих в метровом диапазоне волн, при длине интервалов, меньших 50 км, наличие прямой геометрической видимости между передающими и приемными антеннами радиорелейных станций не является обязательным. Связь между этими станциями будет достаточно устойчивой и при закрытых трассах, если местные предметы выше линии прямой видимости на величину не более 50-60 м. Поэтому использование радиорелейных систем, работающих в метровом диапазоне длин волн, и интервалы между остановками до 50 км нет необходимости предварительного отбора треков со строительством профиля местности на ретрансляцию каждого интервала. Однако, если длина интервала между соседними станциями более чем на 50 км устойчивое подключение осуществляется только в присутствии геометрической прямой видимости между антеннами соседних станций. Иногда при расчете просветов интервалы РРЛ делят на два типа в зависимости от подстилающей поверхности: первый тип - интервалы, на которых отражение радиоволн от земли можно пренебречь, и второй тип - интервалы, на которых отражение от земли играют важную роль.

2.2 Рекомендации по выбору рабочих частот

В Казахстане две транспортные технологии связи получили наибольшее распространения. Это волоконно-оптические линии связи, сокращенно ВОЛС и системы передачи на основе беспроводных методов, в том числе радиорелейные линии связи РРЛ. ВОЛС имеют очень высокую пропускную способность и быстродействие. Их главный недостаток – необходимость трудоемких изыскательских работ и достаточное длительное время для внедрения. Из-за этого ВОЛС в основном применяются на международных и междугородних магистральных линиях связи. Мы рассмотрим диапазоны, применяемые на РРЛ.

В настоящее время освоен весьма широкий диапазон рабочих частот для целей микроволновой радиосвязи, начиная с диапазона 2 ГГц.

Диапазон 2 ГГц (1,7-2,1 ГГц)

Этот диапазон характеризуется возможностью распространения сигналов на достаточно протяженных пролетах (до 50-80 км). Устойчивость распространения радиоволн в сильной степени зависит от экранирующего действия препятствий на интервалах РРЛ при атмосферной рефракции. В этом диапазоне частот значительно снизились, так как есть большое количество усиления антенной системы связи для снижения эффективности 35-38 дБ антенны 5 м в диаметре параболическая антенна не велика. Диапазон зависит от другой радиопомех.

Диапазон 4 ГГц (3,4-3,9 ГГц)

Наиболее освоенный и загруженный РРЛ диапазон частот. В этом диапазоне работают многие магистральные системы связи. Характеризуется возможностью получать довольно протяженные пролеты (40-55 км) при хороших качественных показателях. Остронаправленные антенны (с коэффициентами усиления порядка 40 дБ) обладают значительными габаритами и весом, следовательно, требуют весьма дорогостоящих антенных опор.

Распределение сигнала вдоль основных барьеров для защиты сигналов ведущих воздушных переломы и непосредственное участие и влияние этой работы поддержки множества радиоволн и комплекса электромагнитной совместимости.

Диапазон 6 ГГц (5,6-6,2 ГГц)

Популярный в последние десятилетия диапазон частот, предназначенный для магистральных систем связи. Позволяет получить достаточно эффективные системы РРЛ, передающие большие объемы информации. Средняя протяженность пролета достигает 40-45 км. Размеры антенн не слишком велики (например, антенна с коэффициентом усиления 43 дБ имеет диаметр 3,5 м).

Распределение сигнала сигнализирует существенное влияние на охрану атмосферного воздуха барьеров вдоль трещин, а также участие прямые и отраженные волны.

Диапазон 7 ГГц (7.25-7.55 ГГц)

Диапазон 7 ГГц освоен в настоящее время достаточно хорошо [4]. В нем работает большое количество радиорелейных систем средней емкости (порядка 300-700 ТЛФ каналов в стволе для аналоговых систем и до 55 Мбит/с - для цифровых). Существует и аппаратура большой емкости, предназначенная для передачи потоков STM-1. В этом диапазоне на распространение сигнала начинают оказывать влияние гидрометеоры (дождь, снег, туман и пр.). Кроме того, влияет атмосферная рефракция, приводящая к закрытию трассы или к интерференции волн.

Средняя протяженность пролета РРЛ составляет 30-40 км. Антенны имеют высокий коэффициент усиления при диаметрах порядка 1.5 - 2.5 м.

Используя эту структуру в Казахстане, относительно небольшое число когда электромагнитная обстановка в безопасности. Тем не менее, учитывая, что он работает в диапазоне частот от соседних беспроводных линий связи должно быть помех.

Диапазон 8 ГГц (7,9-8,4 ГГц)

Диапазон 8 ГГц освоен в настоящее время достаточно хорошо. В нем работает большое количество радиорелейных систем средней емкости (порядка 300-700 ТЛФ каналов в стволе для аналоговых систем и до 55 Мбит/с - для цифровых). Существует и аппаратура большой емкости, предназначенная для передачи потоков STM-1.

В этом диапазоне на распространение сигнала начинают оказывать влияние гидрометеоры (дождь, снег, туман и пр.). Кроме того, влияет атмосферная рефракция, приводящая к закрытию трассы или к интерференции волн.

Средняя продолжительность пролетов составляет 30-40 км РРЛ. Относительно низкая, а количество радио 2,5 м, и электромагнитная обстановка в безопасности - высокий доход. Антенны диаметром порядка 1,5. Тем не менее, учитывая, что он работает в диапазоне частот от соседних беспроводных линий связи должно быть помех. В настоящее время диапазон применяется для организации зоновых линий связи и различных ответвлений от магистральных систем. Отечественные и зарубежные фирмы хорошо освоили производство аппаратуры и предлагают на рынке широкий спектр аналоговых и цифровых систем как средней, так и большой емкости.

Диапазоны 11 и 13 ГГц (10,7-11,7, 12,7-13,2 ГГц)

Эти диапазоны перспективны с точки зрения эффективности систем РРЛ. При протяженности пролета 15-30 км, высокоэффективные антенны имеют небольшие габариты и вес, что обеспечивает относительную дешевизну антенных опор.

Доля влияния атмосферной рефракции на устойчивость работы систем уменьшается, но увеличивается влияние гидрометеоров.

В этих диапазонах, в основном, строятся цифровые радиорелейные системы связи на скорости до 55 Мбит/с, хотя, есть примеры передачи цифровых потоков со скоростями до 155 Мбит/с

Обычно оборудование , построено в виде моноблоков, т. е. встроенная антенна и антенна находится в верхней части поддержки приемопередатчиков. Тем не менее, с помощью большой радиограмму. Системы спутниковой связи, радары, пеленгаторы, и системы безопасности электромагнитной среде неблагоприятной, что затрудняет работу в данных диапазонах.

Диапазоны 15 и 18 ГГц (14,5-15,35, 17,7-19,7 ГГц)

Интенсивное развитие систем связи привело к бурному освоению этих диапазонов частот. Средняя протяженность пролетов достигает 20 км для зон с умеренным климатом. Аппаратура выполняется в виде моноблока. Типовые параболические антенны имеют диаметры 0,6, 1.2 или 1.8 м при коэффициентах усиления от 38 до 46 дБ.

В ряде регионов Казахстана диапазон 15 ГГц уже перегружен радиосредствами. Диапазон 18 ГГц пока более свободен.

На распространение сигналов сильное влияние оказывают гидрометеоры и интерференция прямых и отраженных волн. Ослабление в дожде может

составлять 1-12 дБ/км (при интенсивности дождей 20-160 мм/час). Некоторое влияние оказывает и сама атмосфера (атомы кислорода и молекулы воды), ослабление в которой достигает 0.1 дБ/км.

Диапазон 23 ГГц (21.2-23,6 ГГц)

Согласно рекомендациям МСЭ-Р в этом диапазоне разрешено строить системы аналоговой и цифровой связи любой емкости.

Средняя протяженность пролетов меньше 20 км, так как на распространение сигналов сильное влияние оказывают гидрометеофакторы и ослабления в атмосфере. Желательно использовать вертикальную поляризацию радиоволн, хотя разрешено использование любой поляризации. Типовые параболические антенны имеют диаметры 0,3, 0,6 и 1,2 м.

Ослабление в дождях может быть от 2 до 18 дБ/км, а в атмосфере достигает 0,2 дБ/км. Диапазон разрешено использовать в спутниковых системах связи. Поэтому при расчетах необходимо учитывать возможность помех [7].

Диапазон 27 ГГц (25,25-27,5 ГГц)

Диапазон предназначен для построения систем фиксированного радиообслуживания. Характеризуется несколько меньшим ослаблением (меньше 0,1 дБ/км) сигнала в атмосфере. Средняя протяженность пролета 12 км. Ослабление в дождях 3-24 дБ/км. Антенны имеют диаметр 0,3, 0,6 м.

Диапазон 38 ГГц (37-39,5, 38,6-40 ГГц)

Согласно рекомендациям МСЭ-Р в этом диапазоне разрешено строить системы аналоговой и цифровой связи любой емкости. Протяженность пролета меньше 8 км. В случае если показатель неготовности линии связи соответствует локальному качеству, протяженность интервала можно довести до 15 км. Аппаратура представляет собой моноблок с антенной диаметром 0.3 м. Используется только вертикальная поляризация, так как, при этом получается лучшая устойчивость системы связи при наличии дождей. Ослабление в атмосфере составляет порядка 0,12 дБ/км, а в гидрометеорах - от 5 до 32 дБ/км (при интенсивности дождей от 20 до 160 мм/час).

Диапазон 55 ГГц (54,25-57,2 ГГц)

Протяженность пролета составляет несколько километров при антеннах диаметром 15 см. Ослабление сигнала в атмосфере до 5 дБ/км, а в дождях - от 7 до 40 дБ/км.

Диапазон 58 ГГц (57,2-58,2 ГГц)

В этом диапазоне разрешено строить системы аналоговой и цифровой связи любой емкости, но рекомендации также пока отсутствуют. Диапазон можно использовать для создания пролета РРЛ на расстояние в 1-2 км, используя антенны диаметром меньше 15 см. Ослабление сигнала в атмосфере до 12 дБ/км, а в дождях - от 9 до 45 дБ/км. Влияет на системы связи осадков нестабильности. Это творение кадров почти предел, следует помнить, что 60 ГГц радиочастотного из-за атомов кислорода в энергетическом поглощения радиоволн в атмосфере, есть изображения (резонансная частота поглощения равен 60 и 120 ГГц [5]). Тем не менее, в последние годы, создавая несанкционированного радио 1-2 км длины, эти группы разработали

интересным. Скорее всего, имеют очень сухой климат, малое количество осадков, или краткосрочные вдоль диапазоне частот 84-86 ГГц и может быть использован более. Таким образом, в соответствии с вышесказанным в нашем случае более предпочтительным является диапазон 7 ГГц, поскольку используемая аналоговая РРЛ уже работает на этих частотах, следовательно получать разрешение ГРЧК не требуется, а нужно просто подать заявление на регистрацию нового оборудования и частотного плана. Кроме того, оборудование фирм, рассчитанное на пропускную способность в STM-1 для данного диапазона, значительно дешевле своих аналогов, работающих на более высоких частотах.

2.3 Обоснование выбора мест расположения станций РРЛ и оборудования для радиорелейной трассы Талдыкорган - Сарыозек

При выборе мест расположения станций нужно учитывать принцип "зигзагообразности" линии связи, наличие подъездных путей и линии электропередачи, общий рельеф местности, характер почвы и пр. Это достаточно длительный и неоднозначный процесс, так как необходимо проводить выбор из множества возможных вариантов проведения трассы РРЛ. Кроме того, удачный выбор мест расположения станций для одного пролета может быть неприемлемым для соседних пролетов [8].

При расчете цифровых РРЛ необходимо строить профили каждого пролета при нулевой атмосферной рефракции, нормальной рефракции для данного климатического района и субрефракции.

Известно, что наличие рефракции учитывается так называемой трансформацией профиля.

Высокая производительность современного цифрового оборудования на РРЛ полета разрез поэтому вы выбираете правильную линию частоты использовать упрощенный метод для определения пробелов и возможностей, и высота антенны остановка. Департамент, корпоративных, региональных, национальных и даже международных - РРЛ цифровой телекоммуникационной сети является важной частью сегодняшнего дня.

На этапе выбора аппаратуры обычно известны только топология проектируемой сети (количество, протяженность интервалов и конфигурация сети), объем и виды передаваемой информации, схема связи (схема распределения каналов или потоков на промежуточных станциях), а также требуемое качество связи; поэтому на данном этапе, как правило, руководствуются следующими критериями:

- соответствие аппаратуры условиям эксплуатации по температурному диапазону, устойчивость к воздействию гидрометеоров (дождь, снег, иней, роса), по ветровым нагрузкам, габаритно-весовым характеристикам, возможному удалению антенн от аппаратного помещения;

- надежность, обеспечение гарантийного и послегарантийного ремонта, ремонтопригодности в условиях эксплуатации;

- соответствие аппаратуры требованиям к системе телеобслуживания: возможность управления всей линией из одного пункта, дистанционный контроль состояния аппаратуры, качественных характеристик передачи информации в реальном масштабе времени, поиск неисправностей, наличие служебных и сервисных каналов;

- наличие свободного частотного ресурса для РРЛ в заданном регионе.

Выбирая аппаратуру, необходимо учитывать также реальную ситуацию в части электромагнитной совместимости радиосредств, работающих вблизи конкретной трассы РРЛ. Более занятыми являются обычно «нижние» диапазоны – 2, 4, 6, 8 ГГц и в меньшей степени диапазоны – 11, 13, 15 ГГц.

Цифровая радиорелейная система передачи (ЦРСП) представляет собой совокупность взаимосвязанных устройств, позволяющих организовать в диапазоне 11 ГГц два радиоствола емкостью до 480 телефонных каналов в каждом, на расстояние до 40 км. Аппаратура передачи осуществляет синхронное объединение 16 цифровых потоков 2 Мб/с в коде AMI или HDB-3.

3 Выбор оборудования

При выборе оборудования, как правило, руководствуются следующими критериями:

- соответствие аппаратуры условиям эксплуатации по температурному диапазону, устойчивости к воздействию гидрометеоров (дождь, снег, иней, роса), по ветровым нагрузкам, габаритно-весовым характеристикам, возможному удалению антенны от аппаратного помещения;

- надежность, обеспечение возможности гарантийного и послегарантийного ремонта,

ремонтопригодность в условиях эксплуатации;

- возможности аппаратуры в части дистанционного контроля и управления радиолинией, наличие дополнительных служебных и сервисных каналов;

- возможность получения разрешения на строительство РРЛ в установленном порядке.

При выборе аппаратуры необходимо учесть также реальные возможности получения разрешения на строительство РРЛ.

Учитывая вышеизложенное, целесообразно вести дальнейший анализ оборудования по следующим основным характеристикам:

- объем и вид передаваемой информации;

- частотный диапазон и возможность эффективного использования всего отведенного участка диапазона;

- энергетические характеристики станции;

- надежность оборудования;

- свойства системы телеобслуживания, дополнительные сервисные функции;

- требования к системе электропитания [9].

3.1. Правила размещения оборудования

Размещение оборудования радиорелейных систем производится по следующим принципам:

Антенны размещаются на мачте и с оборудованием их соединяют волноводы. Герметичность антенно-волноводного тракта (АВТ) обеспечивается установкой дегидраторов – устройств, обеспечивающих избыточное давление в волноводах. Оборудование находится на земле в помещении, где поддерживается необходимый микроклимат.

Размещение приемопередающего высокочастотного (ВЧ) оборудования возле антенны и остальное оборудование внизу в помещении. Соединение между модулятором и ВЧ трактом выполняется коаксиальным кабелем, по которому также подается питание на передатчики и приемники. При использовании разнесенного приема дополнительное оборудование также размещается на мачте возле приемной антенны.

Система питания связывает несколько ЦРРС источников энергии - электричество, солнечная и пространство, поставки оборудования в связи с отсутствием других источников энергии. Все оборудование того или иного магазина, в зависимости от источника питания системы обеспечивается, потребители разделены на секции.

Существует и тенденция в размещении оборудования. Раньше все оборудование ЦРРС размещалось на земле, сейчас с ростом миниатюризации элементов все больше производится оборудование, которое можно разместить возле антенны. Производители РРЛ стремятся обеспечить размещение оборудования как на земле, так и возле антенны, а заказчик самостоятельно выбирает методы установки РРЛ с учетом местных условий и своих потребностей..

Размещение оборудования возле антенны имеет свои достоинства и недостатки.

Достоинства. Отсутствует затухание в волноводном тракте, которое на высоких частотах достигает довольно больших величин. Например, на частоте 7 ГГц затухание в стандартном волноводе марки Е65 – 0,06дб/м, что на 100метров длины волновода дает затухание на прием и на передачу на 6дб. На более высоких частотах затухание будет еще больше. Компенсация потерь на затухание требует увеличения мощности передатчика и применения антенн большего диаметра для увеличения уровня принимаемого сигнала, что значительно удорожает систему.

Стоимость соединительного коаксиального кабеля значительно ниже стоимости волновода.

Отпадает проблема поддержания герметичности волноводного тракта.

Существуют и недостатки.

При размещении СВЧ оборудования на мачте часто затруднен доступ к нему для настройки, обслуживания, профилактики или при неисправностях, что

значительно замедляет устранение повреждений – важное условие при эксплуатации магистральных линий связи.

Оборудование должно работать в большом диапазоне температур наружного воздуха – от максимальной – летом до минимальной – в сильный мороз. При этом надо учитывать, что радиочастотный блок размещен в открытом пространстве, где солнце может дополнительно разогреть его.

Необходимо применять дополнительны меры грозозащиты, предотвращающие выход из строя ВЧ оборудования в радиочастотном блоке.

Затруднено, а то и невозможно наращивание количества стволов при использовании одной антенны [10].

При проектировании данной радиорелейной линии связи основными недостатками размещения оборудования возле антенны стали следующие факторы:

– не все фирмы дают гарантии работы оборудования при крайне отрицательных температурах, таких как -50 и ниже;

– подобное размещение затрудняет проведение профилактических работ, которые проводятся достаточно часто, так как деятельность связана с особо опасным производством.

Использование аппаратуры в благоприятных условиях аппаратной, позволяет увеличить срок ее эксплуатации, что немаловажно при необходимости обеспечения беспрерывности технологической связи.

3.2 Выбор фирмы производителя

Главными факторами, которые следует учитывать при выборе поставщика радиорелейного оборудования, являются:

- положительные отзывы ведущих операторов связи;
- опыт эксплуатации в неблагоприятных климатических условиях;
- наличие сервисных центров;
- перспективы производства оборудования на ближайшее десятилетие;
- экономическая целесообразность внедрения;
- стоимостные характеристики.

Анализ возможностей использования оборудования отечественных производителей показывает, что, несмотря на растущее число производителей отечественного оборудования ЦРРС уровня STM-1 (M-Link, «Пламя», Nateks Microlink SDH), оно не соответствует первым двум критериям.

Кроме того, большую часть рынка телекоммуникаций, в том числе зарубежных производителей очень мало независимых производственных узлов, оборудования и программного обеспечения, используемого в конфликт с более старыми версиями. Основным направлением для почти любого их использованием.

Для применения на внутризоновых ЦРРЛ и линиях относительно небольшой протяженности представляют интерес ЦРРС Pasolink+ (NEC), TRuepoint (Harris), InterLink и CityLink (NERA). Пропускная способность

каналообразующей аппаратуры составляет 155 Мбит/с синхронной цифровой иерархии уровня STM-1 с возможностью увеличения до 4 потоков 155,52 Мбит/с. Наличие встроенного мультиплексора и единой системы управления позволяет минимизировать затраты на создание транспортной инфраструктуры. Кроме того, оборудование допускает как нижнее, так и верхнее расположение радиомодулей. Для компенсации дисперсионных искажений, возникающих вследствие замираний в волноводной части, используются высокоэффективные корректоры. Возможно пространственное разнесение антенн и радиомодулей на расстояние до 200 м.

Произведем сравнительный анализ радиорелейного оборудования четырех производителей и выберем оптимальный вариант (см. таблицу 3.1) Согласно проведенному анализу нашим требованиям удовлетворяет оборудование МИКРАН МИК-РЛ7….15С (по параметрам, по стоимости, по доступности обслуживания и ремонта на территории РК).

Таблица 3.1 – Сравнительный анализ радиорелейного оборудования

Параметр	МИКРАН МИК-РЛ3…15С	Nera Interlink	Nec DMR 3000S	Nec Pasolink+
Диапазон частот, ГГц	3-15	3-11	4-11	6-38
Пропускная способность	STM-1	От STM-1 до 16 STM-1	От STM-1 до 16 STM-1	От STM-0 до 2 STM-1/OC3
Разнос каналов, МГц	28-56	30-40	30-40	28-56
Тип модуляции	16 QAM, 64 QAM, 128 QAM	64 QAM, 128 QAM	64 QAM, 128 QAM	32 QAM, 128 QAM
Выходная мощность передатчика, дБм	21-27	26-29	30-33	10.5-25
Порог приемника, BER 10^{-6}, дБм	-(65-76)	-(68-72)	-(67-77)	-(67-68)
Система резервирования	1+0; 1+1; 2+0; 2+1; 3+0; 3+1	от 1+0 до 8+0 без резерва, от 1+1 до 7+1 с резервом	до 11+1	1+0; 1+1; 2+0
Служебная связь	2 х 64 кбит/с	3 х 64 кбит/с	4 х 64 Кбит/с	2 х 64 кбит/с
Управление сетью	ПО «Магистраль»	Nera NMS/LCT	MS3201	PNMS / PNMT
Расположение аппаратуры	Верхнее	Верхнее и Нижнее	Верхнее и нижнее	Верхнее и Нижнее

3.3 Описание оборудования

Радиорелейное оборудование фирмы «Микран» (см.рисунок 3.1)

Аппаратура цифровых радиорелейных станций SDH иерархии «МИК-

РЛxxС» работает в диапазоне частот от 3 до 40 ГГц со скоростью передачи информации 155.52 Мбит/с и позволяет в пределах пропускной способности передавать 1 поток STM-1 или 63 потока E1 или 42 потока E1 + трафик Ethernet (50 Мбит/с) или 21 поток E1 + трафик Ethernet (100 Мбит/с) [10].

Высокоскоростные ЦРРС «МИК-РЛ4…6С» предназначены для организации магистральных линий связи в диапазонах частот 3; 5 и 6 ГГц;

Высокоскоростные ЦРРС «МИК-РЛ7…15С» предназначены для организации внутризоновых, местных и технологических линий связи в диапазонах частот 7…15 ГГц;

Высокоскоростные ЦРРС «МИК-РЛ18…40С» предназначены для организации мест и технологических линий связи в диапазонах частот 18…40 ГГц;

Исполнение системы

Станции МИК-РЛ4…40С представляют собой функционально законченные системы передачи, позволяющие строить синхронные сети связи произвольной топологии.

В состав РРС входят: приёмопередающая аппаратура, мультиплексоры уровня STM-1 (терминальные и ввода-вывода), источники гарантированного электропитания и система управления сетью.

Традиционная система, производительность MIC-PA разделения 1 +0 конфигурации будут выполнены; 1 +1, 2 +0. станций и конфигурации 1 +1 два удаленных приемопередатчиков и получите прямую ссылку на канале состоит из пространственного разнесения антенн и оборудования, внутреннего исполнения - Модуль доступа к MD1-6. Нижняя позиция приемопередатчиков в этом случае настройки можно сделать 2 +1 или 3 +0 3 +1, два Модуль доступа МД1-6- [11].

Особенности аппаратной реализации.

Архитектура модуля доступа МД1-6 позволяет в составе одного модуля простым добавлением необходимого количества блоков реализовать следующие варианты станций:

– терминальная станция 63xE1, одно направление по СВЧ, конфигурация 1+0 или 1+1;

– станция ввода/вывода 21xE1 или 42xE1, два направления по СВЧ, конфигурация 1+0 или 1+1;

– регенераторная станция без выделения потоков E1, два направления по СВЧ, конфигурация 1+0 или 1+1;

– регенераторная станция без выделения потоков E1, конфигурация 1+0 или 1+1, одно направление по СВЧ и одно направление по STM-1 (для работы с SDH-мультиплексорами других производителей).

Модуль доступа МД1-6 имеет в своём составе мультиплексор STM-1 который обеспечивает мультиплексирование трибутарных цифровых потоков и сервисных каналов, вместо передачи потоков E1 возможна организация передачи трафика Ethernet (n x 21E1). Модемы формируют спектр радиосигнала на промежуточной частоте и имеют встроенную аппаратную поддержку

пространственного разнесения, для реализации которого требуется только установка антенн и приёмников пространственного разнесения. В модуле доступа МД1-6 используется распределенная система электропитания, благодаря чему достигается общая надежность и независимость питания каждого блока от остальных. Модуль доступа МД1-6 выполнен в корпусе Евромеханика 19’ высотой 6U.

В системе предусмотрены дополнительный канал передачи данных с программно выбираемым типом интерфейса RS-232/422/485 (скорость передачи от 110 до 57 600 бит/с) и 2 цифровых канала служебной связи PCM-64 с двухпроводными окончаниями FXO/FXS с возможностью выхода в ТфОП. Для более эффективного использования каналов служебной связи на каждой станции предусмотрен встроенный коммутатор каналов. На всех промежуточных станциях возможен ввод/вывод сервисных каналов.

Контроль и управление сетью РРС.

Система управления состоит из сетевых агентов, размещаемых на каждой станции и программного обеспечения верхнего уровня. На уровне сетевых агентов, размещаемых на каждой станции, решаются задачи как локального управления при помощи подключаемого терминала на базе Pocket-PC, так и сетевого управления при помощи менеджера сети - компьютера с установленным ПО «Магистраль». Система управления взаимодействует с сетью радиорелейных линий (РРЛ) посредством соединения TCP/IP (интерфейс - Ethernet 10Base-T) на основе протокола SNMP. Особенностью аппаратного исполнения агента сети является наличие подсистемы хранения «firmware» всех блоков, входящих в состав станции, предусмотрена процедура обновления «firmware». Ядром сетевого агента является операционная система реального времени (RTOS).

В аппаратуре реализована возможность удаленного конфигурирования рабочих параметров всех устройств, входящих в состав РРС. Из центра управления осуществляется необходимая оперативная поддержка по обслуживанию сети при ее эксплуатации, вносятся своевременные коррективы в работу устройств. Обновляемая библиотека файлов-описаний позволяет изменять методы представления/анализа данных и способы управления устройствами, что обеспечивает независимость ПО от оборудования.

Возможно создание нескольких центров управления сетью, благодаря чему нагрузка на канал управления распределяется более равномерно. При необходимости реализуется резервирование управления. ПО системы управления защищено от несанкционированного доступа. Используемый механизм предоставления привилегий позволяет вводить несколько уровней взаимодействия с системой, ограничивая или расширяя права операторов [10].

Выбранное ниже оборудование для организации диспетчерской и конвенциональной связи можно объяснить следующими причинами: пульты Zetron неплохо себя зарекомендовали, оборудование фирмы Motorola также нашло широкое применение в обеспечении технологической связи на газопроводе. Традиционной организации некоторых из следующего

оборудования связи, чем можно объяснить следующими причинами: Motorola консолей хорошую и пространную трубопровода утвержденного оборудования используется для обеспечения коммуникационных технологий. В то же время, например, OMI, KENWOOD, ICOM.

Zetron 4010 - комплексная многофункциональная диспетчерская консоль, обеспечивающая оперативное управление и коммутацию радиосетей различного типа, взаимодействие с телефонной сетью. Удобное управление, наглядная идентификация и оригинальная система звукового контроля ZETRON 4010 обеспечат эффективное управление большим количеством абонентов работающих в рамках одной или нескольких оперативных групп:

– Панель управления адаптированная для использования в диспетчерских центрах позволяет подключить до 12 каналов с различной сигнализацией.

– Широкий выбор интерфейсов позволяет подключить различные радиосистемы и внешние телефонные линии. Есть порт для подключения записывающих устройств.

– Свободно программируемые универсальные кнопки управления, обеспечивающие выполнение любых команд "в одно касание": - управление громкостью отдельных каналов;

– Оперативное переключение на каналы в режиме селекторного совещания.

Большое количество вспомогательных функций диспетчерской консоли ZETRON 4010:

1) панель расширения для консоли с дополнительными 60 кнопками;
2) дополнительный интерфейс для подключения телефонной трубки или фурнитуры оператора;
3) настольные микрофоны, гарнитуры, педаль управления передачей и пр.;
4) дисплей для индикации ANI кода радио абонента;
5) групповые сообщения, режим 'тишина', передача сигналов тревоги, внутренняя связь;
6) переключение между каналами, коммутация радио каналов и внешних телефонных каналов.

Диспетчерский комплекс представлен в виде рабочего места для одного оператора, собранное в едином корпусе и легко перемещаемое. Выпускается в двух вариантах: настольной модели, исполненной в офисном стиле или расширяемой панели, монтируемой в стойке, которой подключается до 12 каналов из них до 2 телефонных.

Питание консоли ZETRON 4010 может осуществляться как от сети переменного тока, так и от источника постоянного тока с напряжением 12 В. Одна из уникальных функций консоли это возможность программирования режимов работы с IBM совместимого компьютера.

Простая и удобная программа, которая входит в состав консоли, позволяет оперативно изменять текущую конфигурацию, сохранять ее на диск, за несколько секунд загружать в консоль конфигурации ранее сохраненные на диске [9].

RS-232 интерфейс для подключения к компьютеру с помощью стандартного последовательного порта. Диспетчерская система, оперативное управление, городское и региональное уровень, все услуги и предназначен, чтобы позволить агентствам. Этот интерес с увеличенной дальностью и персонал и организационный контроль и управление ресурсами требует больше усилий в этих областях, предприятий и населения, и это особенно верно.

Предлагаемая нами Диспетчерская консоль ZETRON 4010 радиосетей позволяет обеспечить оперативное управление, коммутацию радиосетей различного типа, взаимодействие с абонентами телефонной сети общего пользования, а также осуществлять прямой контроль за состоянием систем связи.

Основные задачи, которые призван решать диспетчерский комплекс ZETRON 4010:

– Координация деятельности подразделений, служб, при совместном взаимодействии.

– Оперативное управление работой служб МВД, Администрации, ГОЧС, Скорой помощи, Транспортных компаний и других ведомств специального назначения, коммунального хозяйства муниципальных и ведомственных аварийно-ремонтных служб, войсковых подразделений и др.

– Обеспечение оперативной связи между радиоабонентами различных систем и диапазонов связи, принадлежащих различным службам и ведомствам.

Многофункциональность Диспетчерского пульта, на основе которого построена вся система, позволяет диспетчеру производить коммутацию абонентов вне зависимости от вида связи.

Консоль может быть подключена к телефонной сети, что дает возможность руководству любых структур региона или города оперативно получать достоверную информацию с места событий, а также давать указания руководителям служб принимающим участие в проведении работ любой сложности, ликвидации последствий стихийного бедствия и прочее [11].

Консоль может быть подключена к громкоговорящей аппаратуре для своевременного оповещения жителей прилегающих районов о надвигающейся опасности. Следует ещё раз отметить, что применение консоли радиосистем позволяет резко повысить эффективность системы управления.

На основе проведенного анализа для трехпролетной РРЛ Талдыкорган – Балпык – Актекше – Сарыозек, выбрано оборудование МИКРАН МИК-РЛ3 С. При расчете параметров РРЛ, определяющих устойчивость связи необходимо обратить внимание на уровень сигнала на входе приемника РРС по сравнению с чувствительностью приемника, заданной в техническом паспорте аппаратуры (-65-76 дБм)

4 Расчет радиорелейной линии Талдыкорган-Сарыозек

Основной задачей, которую приходится решать при моделировании РРЛ связи, является такой выбор мест установки радиорелейных станций, при котором обеспечивается высокий и стабильный уровень высокочастотных сигналов на входах приемников всех станций. При этом надежность и качество связи моделируемой РРЛ полностью должны удовлетворять заданным нормам на её качественные показатели.

Первым этапом процесса проектирования является выбор оптимальной трассы, числа и места расположения промежуточных станций по топографическим картам. Трассой называется расположение РРЛ связи на местности или карте. Выбор трассы – определение места расположения узловых и промежуточных станций, а следовательно, определение числа интервалов линии и их протяженности при заданных оконечных пунктах РРЛ.

Процесс моделирования трасс РРЛ связи осуществляется в такой последовательности. Сначала производится предварительный выбор по картам мест установки радиорелейных станций и построение профилей каждого интервала линии. Далее производятся расчеты: Множителя ослабления поля на каждом интервале линии, уровня сигналов, определяются оптимальные высоты подвеса антенных опор и рассчитываются надежность и устойчивость связи [12].

4.1 Выбор оптимальной трассы и мест расположения станций РРЛ

При выборе оптимальной трассы расположение на местности всех станций РРЛ должно выбираться, исходя из технико-экономических соображений, удобства эксплуатации будущей РРЛ и возможности обеспечения необходимой устойчивости связи на всех интервалах линии, пролегающих в разных климатических районах. Для выполнения этих требований необходимо, чтобы станции РРЛ располагались в пунктах, удобных для их эксплуатации: были бы хорошие подъездные дороги; близко расположенные линии электропередачи для питания электроэнергией аппаратуры станций; станции располагались недалеко от населенных пунктов, что позволит легко обеспечить радио и телевизионным вещанием отдельные населенные пункты, через которые проходит трасса РРЛ. Наконец, радиорелейные трассы должны располагаться зигзагообразно (т.е. трасса должна иметь вид ломаной кривой) с тем, чтобы исключить возможность приема сигналов приемниками станций, расположенными через три интервала.

Площадки для строительства радиорелейных станций желательно выбирать, если это возможно, на возвышенностях. При этом антенные опоры (мачты или башни) будут невысокими, что экономически выгодно. Выбор мест располо/жения площадок под радиорелейные станции должен быть таким, чтобы отсутствовали неблагоприятные условия распространения радиоволн, а это значит, чтобы трасса РРЛ проходила по возможности по наиболее

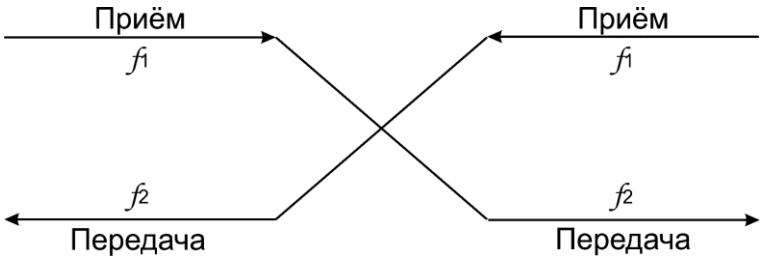
пересеченной местности с лесными массивами, от которых отраженные лучи хорошо рассеиваются. Выберите маршрутов болото и воду, крупные организации, а также естественные и искусственные препятствия (горы, высокие здания) следует избегать. Кроме того, чтобы свести к минимуму воздействие радиации включают различные сайты РРЛ высокие узлы антенна низкой антенна должна быть расположена недалеко от станции поддерживает чистую точку отражения, так что это должен быть выбор.

Выбранные таким образом точки установки радиорелейных станций соединяют прямыми линиями, определяющими на карте трассу будущей линии связи.

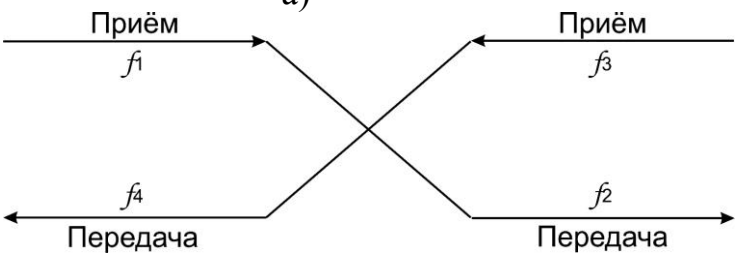
4.2 Частотный план и выбор поляризации на интервалах

При передаче сигналов в прямом и обратном направлениях применяются 2-частотные и 4-частотные планы (системы).

2-частотная система (рисунок 4.1, а) экономична с точки зрения использования полосы частот, выделенной для организации радиорелейной связи, но требует применения антенн с хорошими защитными свойствами от приема и передачи сигналов с боковых и обратных направлений. В диапазонах частот выше 10 ГГц широко применяются параболические антенны, улучшенного исполнения, с дополнительными экранами (воротниками), позволяющими достичь требуемых показателей. 4-частотная система (рисунок 4.1, б) допускает применение более простых и дешевых антенн и позволяет улучшить защищенность линии связи от взаимных помех, но используется достаточно редко.



а)



б)

Рисунок 4.1 – Частотный план: а) 2-частотная система; б) 4-частотная система

Как правило, четырехчастотную систему можно рекомендовать для организации линий связи при очень сложной электромагнитной обстановке. Экономическая эффективность и микроволновые системы потенциала путем

применения распространенных устройств антенно-каналов каждый, работающих с рядом различных частотных приемопередатчиков должны быть многосторонними. С целью увеличения надежности работы линии связи применяются различные способы резервирования. В диапазонах частот выше 10 ГГц в ЦРРЛ наибольшее распространение получают системы резервирования 1+1, когда на один рабочий ствол приходится один резервный. В сложных условиях распространения радиоволн оба ствола могут быть использованы для организации разнесенного приема, существенно улучшающего устойчивость работы системы связи (см. таблицу 4.1).

По рекомендации МСЭ-PF-385-8 для диапазона 7 ГГц:

- дуплексный разнос $T_X - R_X = 266$ МГц;
- разнос между стволами $T_{X1} - T_{X2} = 28$ МГц.

Таблица 4.1 – Частотный план для разнесенного приёма

Ствол	F_1, МГц	F_2, МГц
1	7125	7391
2	7153	7419
3	7181	7447
4	7209	7475
5	7237	7503
6	7265	7631
7	7293	7559

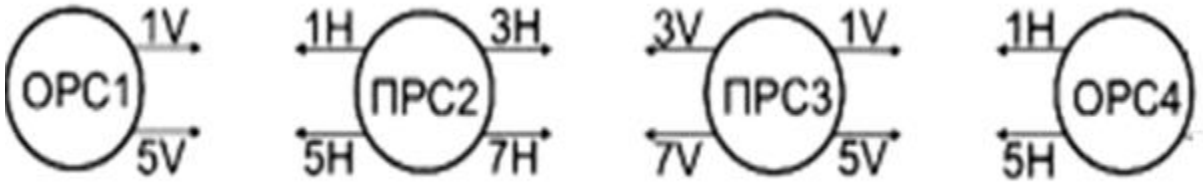


Рисунок 4.2 – Частотный план трассы РРЛ Талдыкорган – Сарыозек

4.3. Исходные данные для расчета пролетов радиорелейной Талдыкорган – Балпык

Смоделировать радиорелейную линию на аппаратуре, работающей в диапазоне 7 ГГц.

Основные технические характеристики аппаратуры

Диапазон частот, ГГц	7,125-7,725
Вариант трафика	E1
Коэффициент системы, дБ	117
Мощность передатчика, дБм	28
Диаметр антенны, м	0,6
Вид модуляции	ОФМ
Конфигурация	1+1

Трасса Талдыкорган – Балпык – Актекше – Сарыозек состоит из трех пролетов. Для работы выбран четырехчастотный план, который не требует антенн сложной конфигурации, дает хорошую защищенность от взаимных помех и кроме этого, позволяет организовывать линию связи в сложной электромагнитной обстановке, которой которая существует в данной местности [13].

Произвести расчет пролетов радиорелейной линии (РРЛ):

– по известным высотным отметкам земли H (м) и указанным расстояниям от начала пролета R (км) построить продольный профиль пролета;

– выбрать оптимальную высоту подвеса антенн; произвести коррекцию, если необходимо;

– рассчитать запас на замирание сигнала;

– рассчитать время ухудшения сигнала из-за дождя и вследствие субрефракции радиоволн;

– проверить нормы на неготовность;

– рассчитать время ухудшения сигнала за счет многолучевого распространения радиоволн, сравнить с нормами.

Исходные данные для расчета приведены в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Исходные данные

Пролёты	Отметки земли H_i/R_i, м/км					R_0, км	f, ГГц
	1	2	3	4	5		
Талдыкорган – Балпык	684/0	690/10	695/20	685/30	705/40	40	7,125
Балпык – Актекше	705/0	710/10	710/15	730/20	710/30	36	7,447
Актекше – Сарыозек	710/0	730/15	720/25	720/30	730/35	39	7,125

Места расположения РРЛ – предгорная полоса Казахстана.

Соответствующие среднее значение и стандартное отклонение вертикального градиента проницаемости $\overline{g} = -7 \cdot 10^{8}, м^{1}$ и $\sigma = 9 \cdot 10^{8}, м^{1}$.

Коэффициент усиления антенны, дБ можно рассчитать по формуле

$$G = 10\log\left(\frac{10 \cdot g \cdot D^2}{\lambda^2}\right) = 10\lg\frac{10 \cdot 0{,}6 \cdot 0{,}36 \cdot}{0{,}0{,}42} = 12224{,}5 \ \left(30{,}87 \ дБ.\right),$$

где $g = 0{,}6$ – коэффициент использования поверхности антенны;

D – диаметр антенны;

$\lambda = \dfrac{c}{f}$ – длина волны, м.

$$\lambda = \frac{3 \cdot 10^{-8}}{7{,}125} = 0{,}042 \ м.$$

Рисунок 4.4 – Карта радиорелейной линии связи Талдыкорган – Балпык – Актекше – Сарыозек

4.4 Расчет профиля пролета Талдыкорган – Балпык

4.4.1 Построение продольного профиля пролета

Продольный профиль интервала представляет собой вычерченный в определенном масштабе вертикальный разрез местности по линии, соединяющей две соседние радиорелейные станции. Продольные профили интервалов РРЛ полно и наглядно характеризуют рельеф местности на каждом интервале связи и являются основными рабочими документами, позволяющими выполнить расчет устойчивости работы радиорелейной линии при заданных нормах на ее качественные показатели.

Построение продольных профилей производится в прямоугольной системе координат с применением разных масштабов по горизонтали и вертикали. Высоты препятствий на поверхности Земли измеряются в метрах, а расстояния между ними радиорелейными станциями – в километрах. Таким образом, высоты откладываются на профиле не по линиям, проходящим через центр Земли (т.е. по радиусу Земли), а по вертикали (по оси ординат), и отсчет их ведется не от горизонтальной линии профиля, а от линии кривизны земной поверхности, принимаемой за линию уровня моря или за условный нулевой уровень. Расстояния же между станциями откладываются не по криволинейной поверхности, а по горизонтали (оси абсцисс). В этой компоновке Профиль

поверхности планеты представляет собой круг и параболу. Вертикальные функции расстояния, такие как изменения в кривизне земной поклон (параболы). Здание, растений и затем определить расстояние между самом высоком месте. Расстояния между станциями, а также наиболее низкие (h_{min}) и наиболее высокие (h_{max}) точки профиля интервала РРЛ связи определяются по данным топографических карт, и затем вычисляется максимальная разность высот в метрах. После выбора масштабов производится построение дуги земной кривизны [12].

Линия, изображающая на профиле уровень моря (дуга земной кривизны) или условный нулевой уровень (условный горизонт) и имеющая вид параболы, рассчитывается с достаточной для практических расчетов степенью точности по формуле

$$x_{МАКС} = 1{,}96 \cdot 10^{2} \cdot R_0^{2}, \qquad (4.1)$$

где R_0 – длина пролета РРЛ, выражено в км

$$x_{МАКС} = 1{,}96 \cdot 10^{2} \cdot 40^{2} = 31{,}36 \ м.$$

Для сокращения размеров чертежа высотные отметки отсчитываются от линии условного горизонта, которая выбирается в зависимости от рельефа местности. Полученная кривая характеризует профиль интервала данного участка РРЛ.

Для построения профилей пролетов используем программу ProfEldit

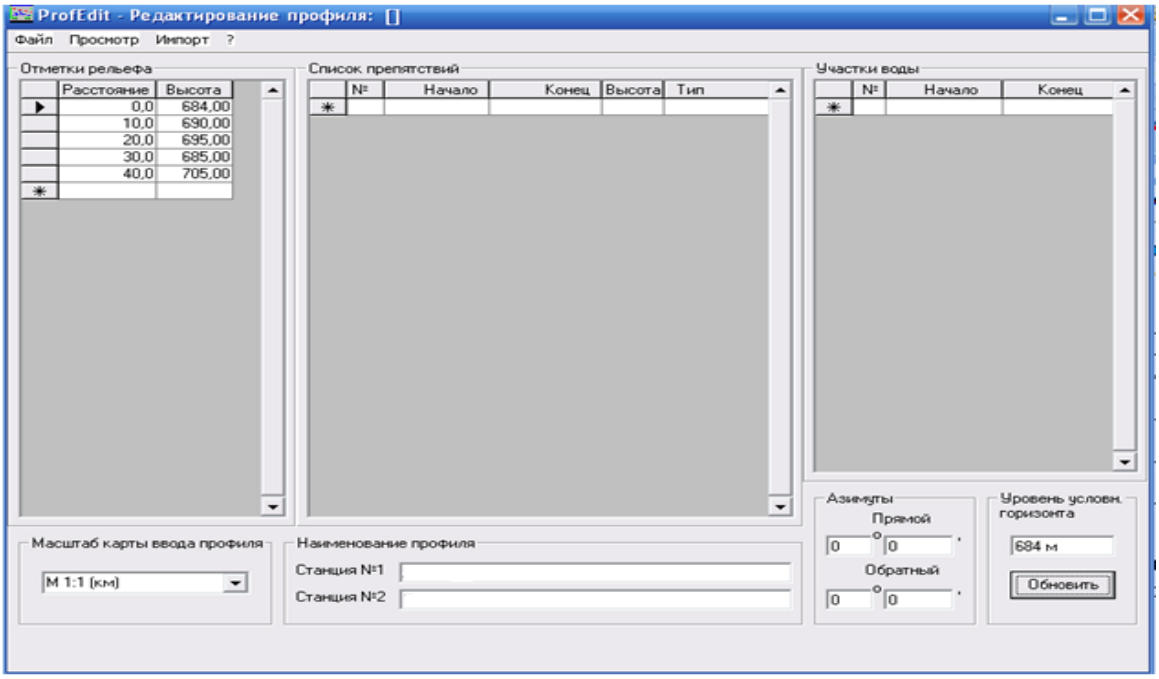


Рисунок 4.5– Окно программы ProfEdit с данными профиля пролета РРЛ Талдыкорган – Балпык

4.4.2 Выбор оптимальных высот подвеса антенн

Из-за неравномерности вертикального градиента диэлектрической проницаемости атмосферы радиолуч получает искривление, что приводит к ухудшению радиосвязи. Если он встречается с естественным препятствием, то связь нарушается. При естественные препятствия встречается обрыве связи. Таким образом, вы остановить антенны высокий минимальный резерв дороги путем определения оптимального выбора.

Радиолуч перемещается внутри зоны Френеля, которая представляет собой эллипсоид вращения в точке приема и передачи. Минимальный радиус зоны Френеля определяется по формуле

$$H_0 = \sqrt{\frac{1}{3} \bullet R_0 \bullet \lambda \bullet k \bullet (1 \quad k)}, \qquad (4.2)$$

где $\lambda = c / f$ – длина волны, м;

$k = \dfrac{R(H_{max})}{R_0}$ – относительное расстояние до препятствия. В данном случае k = 0,5

$$\mathrm{H}_0 = \sqrt{\frac{1}{3} \cdot 40000 \cdot 0{,}042 \cdot 0{,}5 \cdot (1 - 0{,}5)} = 11{,}8 \ м.$$

Среднее значение изменения просвета за счет рефракции, существующее в течение 80% времени, вычисляется по формуле

$$\Delta H(\bar{g} + \sigma_{R_0}) = \frac{R_0^2}{4} \cdot (\bar{g} + \sigma_{R_0}) \cdot k \cdot (1 - k), \qquad (4.3)$$

где $\bar{g}$ и σ_{R_0} – соответственно среднее значение и стандартное отклонение вертикального градиента проницаемости (см. таблицу Б.1 Приложения Б).

При длине пролета меньше 50 км стандартное отклонение должно определяться по формуле

$$\sigma_{R_0} = \left(10 \cdot 10^{\ 8} + \frac{\bar{g}}{3{,}1}\right) \cdot \left(\frac{1}{y} - 1\right) + \frac{\sigma}{y}, \qquad (4.4)$$

где σ – значение стандартного отклонения, м$^{-1}$;

y – находится по рисунку 4.6

Просвет в отсутствии рефракции радиоволн (при g=0) рассчитывается по формуле

$$H(0) = H_0 - \Delta H(\bar{g} + \sigma_{R_0}), \qquad (4.5)$$

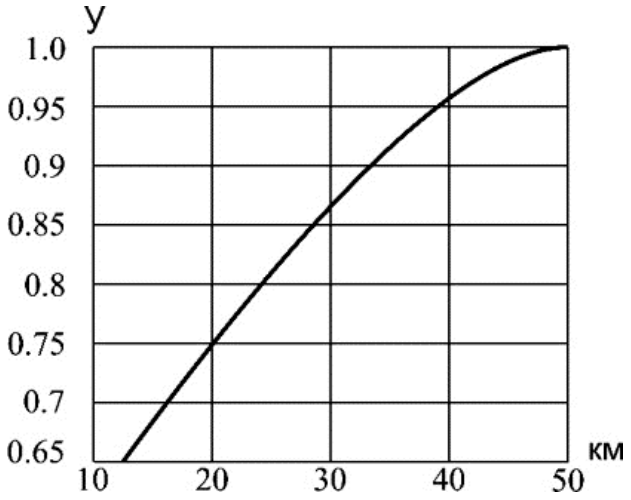


Рисунок 4.6 – К определению параметра *y*

Для нашего случая $\bar{g} = -7 \cdot 10^{-8}$ м$^{-1}$ и $\sigma = 9 \cdot 10^{-8}$ м$^{-1}$

$$k = 20/40 = 0{,}5;$$

$$\sigma_{R_0} = \left(10 \cdot 10^{-8} + \frac{-7 \cdot 10^{-8}}{3{,}1}\right) \cdot \left(\frac{1}{0{,}95} - 1\right) + \frac{9 \cdot 10^{-8}}{0{,}95} = 9{,}88 \cdot 10^{-8}\ м^{-1},$$

$$\Delta H(\bar{g} + \sigma_{R_0}) = -\frac{\left(40 \cdot 10^3\right)^2}{4} \cdot (-7 \cdot 10^{-8} + 9{,}88 \cdot 10^{-8}) \cdot 0{,}5 \cdot (1 - 0{,}5) = -2{,}88\ \ м.,$$

$$H(0) = 10 = 1{,}8 + 2{,}88 = 14{,}68\, м.$$

Высоты подвеса антенн определяется из рисунка 4.7. Для этого от критической точки профиля откладывается расстояние H(0) и через данную точку проводится луч, соединяющий антенны [14].

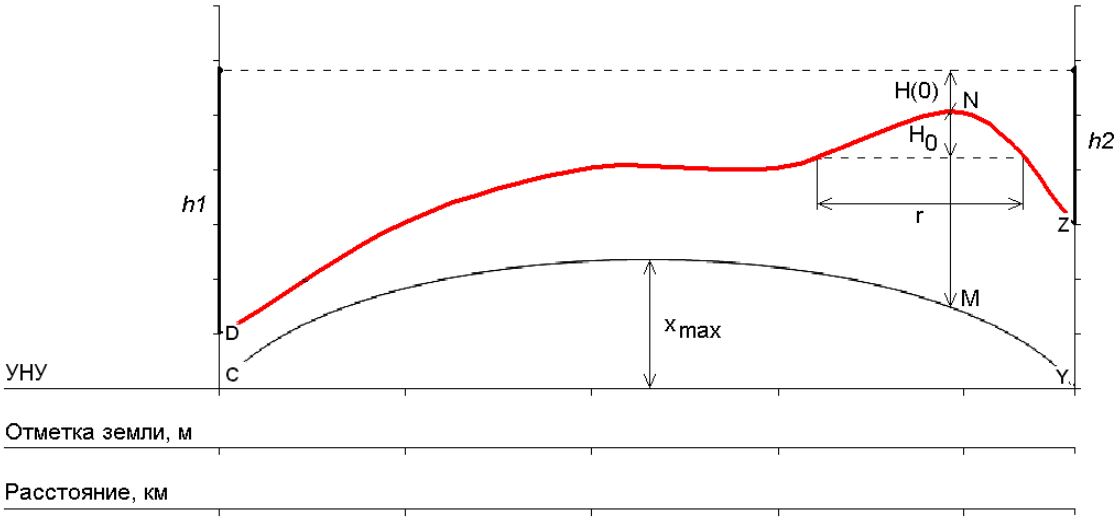


Рисунок 4.7 – Профиль пролета РРЛ

При спокойном профиле (небольшая разница между УНУ и максимальной отметкой Земли) высоты подвеса антенн можно определить по формулам

$$h_1=x_{max}+H(0)+MN–CD, \quad (4.6)$$

$$h_2=x_{max}+H(0)+MN–YZ, \quad (4.6)$$

где MN – максимальная высота профиля относительно УНУ;

CD, YZ – высота профиля соответственно в начале и в конце тракта в зависимости от типа антенны – передающей или приемной.

$$h_1= 31,4 + 14,68 + 695 – 684 = 57 \text{ м},$$
$$h_2 = 31,4 + 14,68 + 695 – 705 = 36 \text{ м}.$$

Профиль пролета построен с помощью программы ProffEdit на рисунке 4.7 с учетом приведенных расчетов антенн.

4.4.3 Расчет запаса на замирание

Расчет запаса на замирание производится по формуле

$$F_t = S_G + G_{ПРД} + G_{ПРМ} - 2\eta - L_0, \quad (4.7)$$

где S_G – коэффициент системы, дБ;

$G_{ПРД} = G_{ПРМ}$ – коэффициенты усиления передающей и приемной антенн, дБ;

$2\eta \approx 5 дБ$ – коэффициент полезного действия антенно-фидерного тракта;

L_0 – затухание радиоволн в свободном пространстве, дБ

$$L_0 = 20[\lg(f) + \lg(d)] + 32,45, \quad (2.8)$$

где f – частота передачи, МГц;

$d=R_0$ – расстояние между передающей и приемной антеннами (длина пролета), км.

$$L_0 = 20[\lg(7,125 \cdot 10^3) + \lg(40)] + 32,45 = 141,54 дБ;$$

$$F_t = 117 + 30,87 + 30,87 - 5 - 141,54 = 32,2 \ дБ..$$

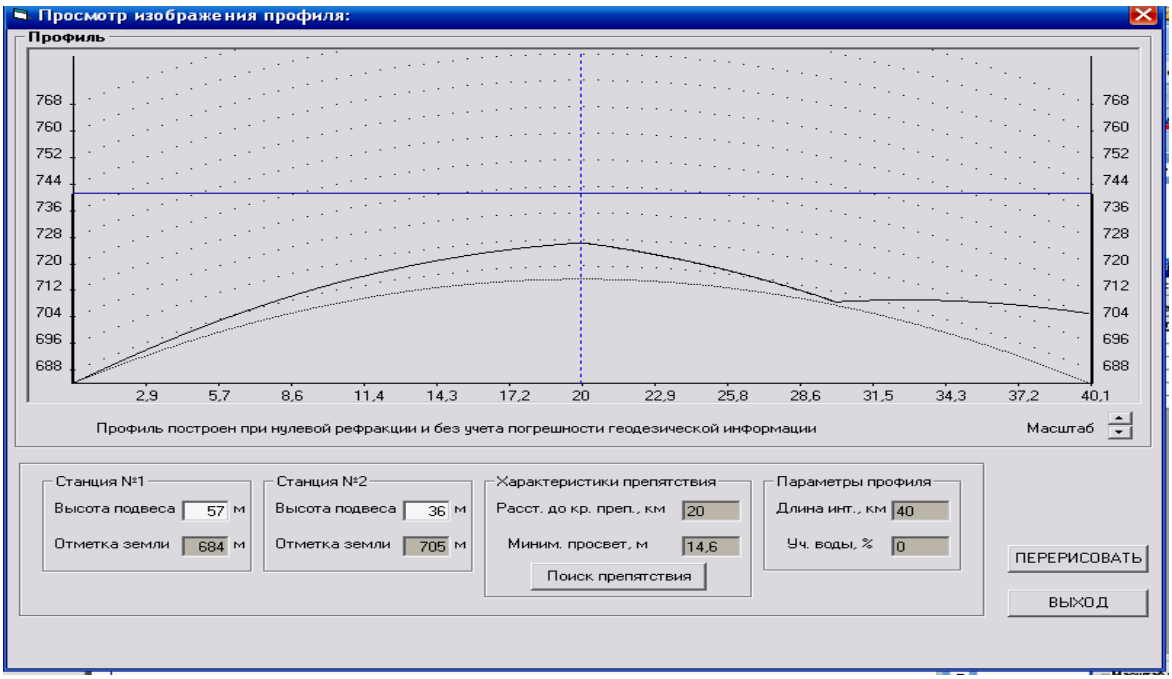


Рисунок 4.8 – Профиль пролета РРЛ Талдыкорган – Балпык

4.4.4 Расчет времени ухудшения связи из-за дождя

Чем выше частота радиоизлучения, тем сильнее влияет на ослабление сигнала размер капель и интенсивность дождя. Поэтому при расчете времени ослабления необходимо учитывать климатическую зону в зависимости от интенсивности дождя в течение 0,01% времени.

Территория СНГ разделена на 16 климатических зон. Казахстан относится к зоне Е, для которой интенсивность осадков $R_{0,01}$ =22 мм/час.

Коэффициенты регрессии для оценки затухания в зависимости от поляризации волны представлены в таблице 4.3.

Так как интенсивность дождя неравномерно распределяется вдоль трассы, определяем эффективную длину пролета

$$d_э = r \cdot R_0, \tag{4.9}$$

где R_0 – длина пролета, км;

$r = \dfrac{1}{1 + R_0/d_0}$ – коэффициент уменьшения;

$d_0 = 35e^{-0,015R_{0,01}} = 25,162\ км$ – опорное расстояние, км.

$$r = \frac{1}{1 + 40/25,1623} = 0,386,$$

$$d_э = 0,386 \cdot 40 = 15,44\ км.$$

Удельное затухание в дожде в зависимости от поляризации волны (дБ)

$$\gamma = k \cdot R_{0,01}^{\alpha}. \qquad (4.10)$$

определяется для горизонтальной и вертикальной поляризации и выбирается наименьшее из них

$$\gamma_{н} = k_{н} \cdot R_{0,01}^{\alpha_{н}}, \qquad (4.11, а)$$

$$\gamma_{V} = k_{V} \cdot R_{0,01}^{\alpha_{V}}, \qquad (4.11, б)$$

где $k_{í}$, k_{v}, $\alpha_{í}$, α_{v} – коэффициенты регрессии.

Таблица 4.3 – Коэффициенты регрессии для оценки затухания

Частота f, ГГц	Горизонтальная поляризация		Вертикальная поляризация	
	$k_{í}$	$\alpha_{í}$	k_{V}	α_{V}
7	0,00301	1,332	0,00265	1,312
8	0,00454	1,327	0,00395	1,31

Затухание на трассе, превышающее 0,01% времени, определяется по формуле

$$A_{0,01} = \gamma \cdot d_{э}. \qquad (4.12)$$

Время, в течение которого ослабление сигнала больше, чем запас на замирание

$$T_{g} = 10^{11,628\left[-0,546+\sqrt{0,29812+0,172\lg\left(0,12\cdot\frac{A_{0,01}}{F_{t}}\right)}\right]}, \qquad (2.13)$$

при $A_{0,01}/F_{t} < 0,155$ принимаем $A_{0,01}/F_{t} = 0,155$.

Для *f* =7,125 ГГц из таблицы 4.3 принимаем

$\gamma_{Г} = 0,00301 \cdot 22^{1,332} = 0,18$ дБ/км;

$\gamma_{V} = 0,00265 \cdot 22^{1,312} = 0,15$ дБ/км.

Наименьшее удельное затухание для вертикальной поляризации: $\gamma_{V} = 0,15$

$$A_{0,01} = 0{,}15 \cdot 15{,}44 = 2{,}36\ дБ,\ ,\ \frac{A_{0,01}}{F_t} = \frac{2{,}36}{32{,}2} = 0{,}073 < 0{,}155,$$

$$T_g = 1{,}39 \cdot 10^{-7}\ \%.$$

4.4.5 Расчет времени ухудшения связи, вызванного субрефракцией радиоволн

Стандартная атмосфера имеет наибольшую плотность у поверхности Земли, поэтому радиолучи изгибаются к низу. В результате просвет на пролете, определяемый по минимальному радиусу зоны Френеля, не имеет постоянной величины, т.к. плотность атмосферы изменяется и зависит от времени суток и состояния атмосферы [12].

Среднее значение просвета на пролете

$$H(\bar{g}) = H(0) + \Delta H(\bar{g}) = H(0) - \frac{R_0^2}{4} \cdot (\bar{g}) \cdot k \cdot (1-k). \qquad (4.14)$$

$$\Delta H(\bar{g}) = -\frac{(40 \cdot 10^3)^2}{4} \cdot (-7 \cdot 10^{-8}) \cdot 0{,}5(1-0{,}5) = 21{,}68\ м$$

Относительный просвет

$$p(\bar{g}) = \frac{H(\bar{g})}{H_0}. \qquad (4.15)$$

$$p(\bar{g}) = \frac{21{,}68}{11{,}8} = 1{,}83$$

Относительная длина препятствия

$$l = r/R_0. \qquad (4.16)$$

Параметр μ, характеризующий аппроксимирующую среду

$$\mu = \sqrt[3]{\frac{k^2(1-k)^2}{l^2}} \cdot \sqrt[6]{\frac{64\pi \cdot \alpha}{3}}, \qquad (4.17)$$

где $\alpha = 0{,}5$ (при остром препятствии) или $\alpha = 1$ (при спокойном профиле).

Значение относительного просвета $p(g_0)$, при котором наступает глубокое замирание сигнала, вызванное экранировкой препятствием минимальной зоны Френеля

$$p(g_0) = \frac{V_0 - V_{min}}{V_0}, \qquad (4.18)$$

где V_0 – множитель ослабления при H(0)=0, определяемый из рисунка 4.9 по значению μ.

V_{min} – минимальный допустимый множитель ослабления определяется по формуле:

$$V_{min}^2 = -F_t \Rightarrow V_{min} \approx -\frac{F_t}{2}. \qquad (4.19)$$

Параметр ψ определяется по формуле

$$\psi = 2{,}31 \cdot A \cdot \left[p(\bar{g}) - p(g_0)\right], \qquad (4.20)$$

где $A = \frac{1}{\sigma}\sqrt{\frac{\lambda}{R_0^3 \cdot k(1-k)}}$.

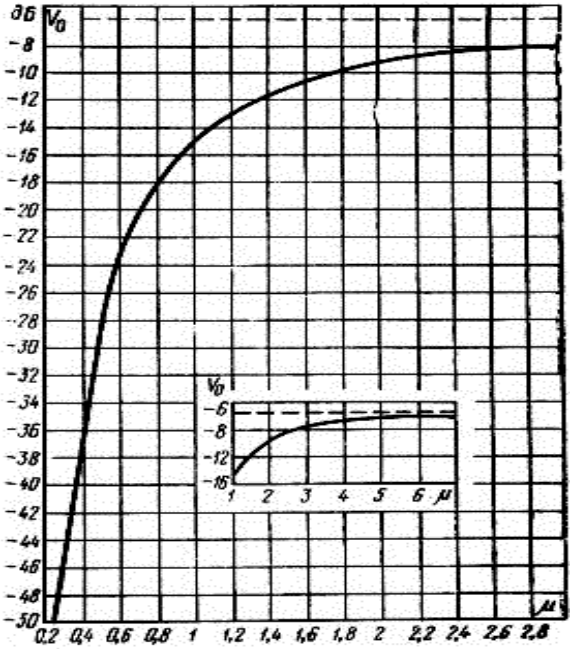


Рисунок 4.9 – Зависимость множителя ослабления от аппроксимирующего параметра μ

Процент времени ухудшения связи, вызванного субрефракцией радиоволн, $T_0(V_{min})$ определяется по рисунку 4.10.

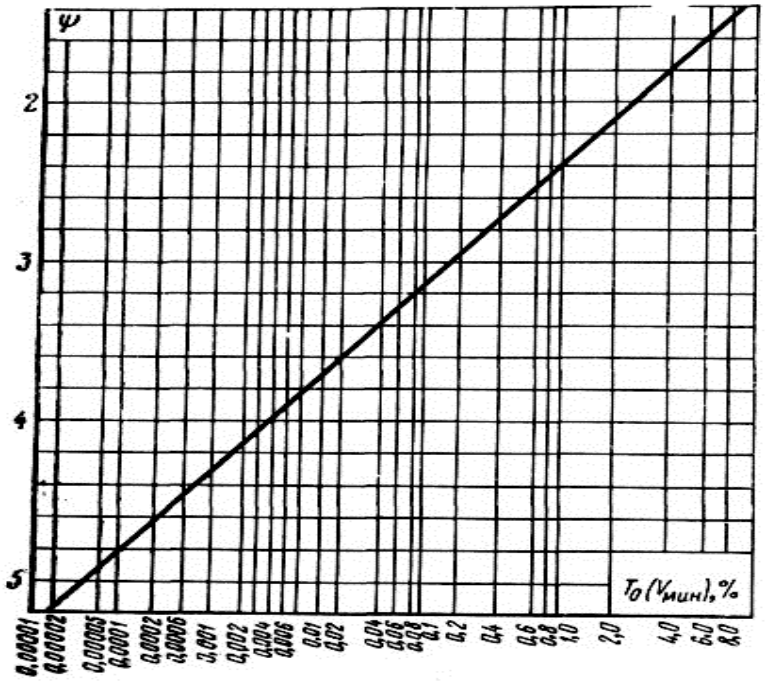


Рисунок 4.10 – К расчету времени ухудшения связи, вызванного субрефракцией радиоволн

Определяем ширину препятствия r=14,6 км.

$$l = \frac{14,6}{40} = 0,36 .$$

Принимаем $\alpha = 1$, тогда

$$\mu = \sqrt[3]{\frac{0,5^2(1-0,5)^2}{0,35^2}} \cdot \sqrt[6]{\frac{64 \cdot 3,14 \cdot 1^2}{3}} = 1,6 .$$

$$V_{MIN} = -\frac{30,2}{2} = -15,1 \partial Б ,$$

$$V_0 = -10,5 \partial Б ,$$

$$p(g_0) = \frac{-10,5-(-15,1)}{10,5} = 0,48 .$$

$$A = \frac{1}{9,88 \cdot 10^{-8}} \sqrt{\frac{0,042}{\left(40 \cdot 10^3\right)^3 \cdot 0,5(1-0,5)}} = 0,51 ,$$

$$\psi = 2,31 \cdot 0,5 \cdot [1,83 + 0,48] = 2,76 .$$

$$T_0(V_{MIN}) = 0,4\% .$$

Оптимизация высот подвеса антенн проводится, если $T_0(V_{min}) \geq 0{,}003\%$, то есть необходимо произвести оптимизацию.

4.4.6 Проверка норм на неготовность

Характеристики неготовности для ГЭЦТ (гипотетический эталонный цифровой тракт) установлены в рекомендации 557МСЭ-Р.

ГЦЭТ считается неготовой, если в течение 10 последовательных секунд возникли следующие условия или одно из них:

– передача цифрового сигнала прервана;
– в каждой секунде BER хуже 10^{-3}.

Неготовность аппаратуры уплотнения исключается. Характеристики неготовности делятся на неготовность оборудования и неготовность, вызванную условиями распространения радиоволн, например, величина неготовности, вызванной дождем, составляет 30-50%.

Характеристики готовности ГЭЦТ протяженностью 2500 км определяются величиной 99,7%, причем эти проценты определяются в течение достаточно большого интервала времени. Этот интервал должен составлять более года, характеристики неготовности определяются, таким образом, величиной 0,3%.

Норма на неготовность

$$UR_{ДОП} = \frac{0{,}3 \cdot R_0}{2500} > T_0 + T_g, \qquad (4.21)$$

где R_0 – длина пролета, км;

2500 – длина эталонной гипотетической линии.

$$T_0 + T_g = 1{,}39 \cdot 10^{-7} + 0{,}003 = 0{,}003\%$$

$$UR_{ДОП} = \frac{0{,}3 \cdot 40}{2500} = 0{,}0048\%.$$

$$0{,}0048 > 0{,}003$$

Таким образом, условие (4.21) выполняется.

Учитывая увеличение H(g) = 13,975, для получения $T_0(V_{min}) < 0{,}003\%$, указываем оптимальные высоты: h1 = 72 м, h2 = 51 м. Опоры в основном предоставляют трубчатую мачту с основанием диаметра 2,5 м, которая может состоять из секций длиной 6,5 м и 11 м. Для h1= 72 м – 6 секций по11 м и 1 секция по 6,5 м: для h2 = 51 м – 4 секций по 11 м, и 1 секция по 6,5 м.

4.4.7 Расчет времени ухудшения радиосвязи из-за многолучевого распространения

При моделировании радиолиний протяженностью более чем несколько километров должны учитываться четыре механизма замирания в чистой атмосфере, обусловленные чрезвычайно преломляющими слоями:

– расширение луча;
– развязка в антенне;
– поверхностное многолучевое распространение;
– атмосферное многолучевое распространение.

Большинство этих механизмов возникают сами по себе или в комбинации с другими механизмами. Сильные частотно-избирательные затухания возникают, когда расфокусировка прямого луча сочетается с отражением сигнала от поверхности, что вызывает замирание вследствие многолучевого распространения. Мерцающие замирания, вызванные небольшими турбулентными возмущениями в атмосфере, всегда имеют место при этих механизмах, но на частотах ниже 400 ГГц их влияние на общее распределение замираний не существенно. На больших глубинах замирания процент времени Тинт, в течение которого в узкополосных системах не превышается уровень принимаемого сигнала в средний худший месяц, может быть определен с помощью следующего приближенного асимптотического выражения

$$T_{инт} = K \cdot Q \cdot f^{B} \cdot d^{C} \cdot 10^{-A/10}, \qquad (4.22)$$

где – $A=F_t$ – запас на замирание, дБ;
d – длина пролета, км;
f – частота, ГГц;
K – коэффициент, учитывающий влияние климата и рельефа местности;
Q – коэффициент, учитывающий другие параметры трассы;
B=0,89; C=3,6 – коэффициенты, учитывающие региональные эффекты.
Коэффициент, учитывающий влияние климата и рельефа местности

$$K = P_L^{1,5} \cdot 10^{(-6,5-C_{LAT}-C_{LON})}, \qquad (2.23)$$

где P_L=5%=0,05 – процент времени с вертикальным градиентом рефракции;
$C_{LAT}=C_{LON}=0$ для Казахстана.
Коэффициент, учитывающий другие параметры трассы

$$Q = (1 + |E_P|)^{-1,4}, \qquad (4.24)$$

где $|E_Д| = \frac{h_1 - h_2}{R_0}$ – наклон радиотрассы, мрад (здесь h_1, h_2 в м; d в км).

$$K = 0{,}05^{1,5} \cdot 10^{-6,5} = 3{,}536 \cdot 10^{-9},$$

$$E_P = \frac{72-51}{40} = 0{,}525,$$

$$Q = (1+0{,}525)^{-1,4} = 0{,}55,$$

$$T_{инт} = 3{,}536 \cdot 10^{-9} \cdot 0{,}55 \cdot 7{,}125^{0,89} \cdot 40^{3,6} \cdot 10^{-3,2} = 4{,}08 \cdot 10^{-6}\ \%.$$

4.4.8 Проверка норм на допустимое время ухудшения связи из-за многолучевого распространения радиоволн

Норма на допустимое время ухудшения связи для высшего качества связи

$$\mathrm{SES} = \frac{0{,}054 \cdot \mathrm{R}_0}{2500} > \mathrm{T}_{инт}. \qquad (4.25)$$

$$SES = \frac{0{,}054 \cdot 40}{2500} = 8{,}6 \cdot 10^{-4}\ \%.$$

$8{,}6 \cdot 10^{-4} > 4{,}08 \cdot 10^{-6}$, условие выполняется.

4.5 Расчет пролета Балпык - Актекше

Линия условного горизонта

$$x_{МАКС} = 1{,}96 \cdot 10^{-2} \cdot 30^2 = 17{,}64\ м.$$

Рассчитаем минимальный радиус зоны Френеля.

$$k = 20/30 = 0{,}66, \qquad \lambda = \frac{3 \cdot 10^8}{7{,}447 \cdot 10^9} = 0{,}04\ м,$$

$$H_0 = \sqrt{30/3 \cdot 10^3 \cdot 0{,}04 \cdot 0{,}66 \cdot (1-0{,}66)} = 9{,}8 м.$$

Вычисляем среднее значение изменения просвета за счет рефракции, существующее в течение 80% времени.

$$\sigma_{R_0} = \left(10 \cdot 10^{-8} + \frac{-7 \cdot 10^{-8}}{3{,}1}\right) \cdot \left(\frac{1}{0{,}87} - 1\right) + \frac{9 \cdot 10^{-8}}{0{,}87} = 11{,}5 \cdot 10^{-8}\ м^{-1},$$

$$\Delta H(\bar{g}+\sigma_{R_0}) = -\frac{\left(30\cdot 10^3\right)^2}{4}\cdot(-7\cdot 10^{-8}+11{,}5\cdot 10^{-8})\cdot 0{,}66\cdot(1-0{,}66) = -2{,}43\,м.$$

Рассчитаем просвет в отсутствии рефракции радиоволн (при g=0).

$$H(0) = 9{,}8 + 2{,}43 = 12{,}23\,м.$$

Высоты подвеса антенн определим из (4.6).

$$h_1 = 17{,}64 + 12{,}23 + 730 - 705 = 55\ м,$$
$$h_2 = 17{,}64 + 12{,}23 + 730 - 710 = 50\ м.$$

Строим профиль пролета РРЛ Балпык – Актекше на рисунках 4.11, 4.12.

Затухание радиоволн в свободном пространстве

$$L_0 = 20\left[\lg(7{,}447\cdot 10^3) + \lg(30)\right] + 32{,}45 = 20\cdot(3{,}87+1{,}47) + 32{,}45 = 139{,}25\,дБ.$$

Коэффициент усиления антенны

$$G = 10\log\left(\frac{10\cdot 0{,}6\cdot 0{,}6^2}{0{,}04^2}\right) = 1350\ \left(31{,}3\ дБ\right).$$

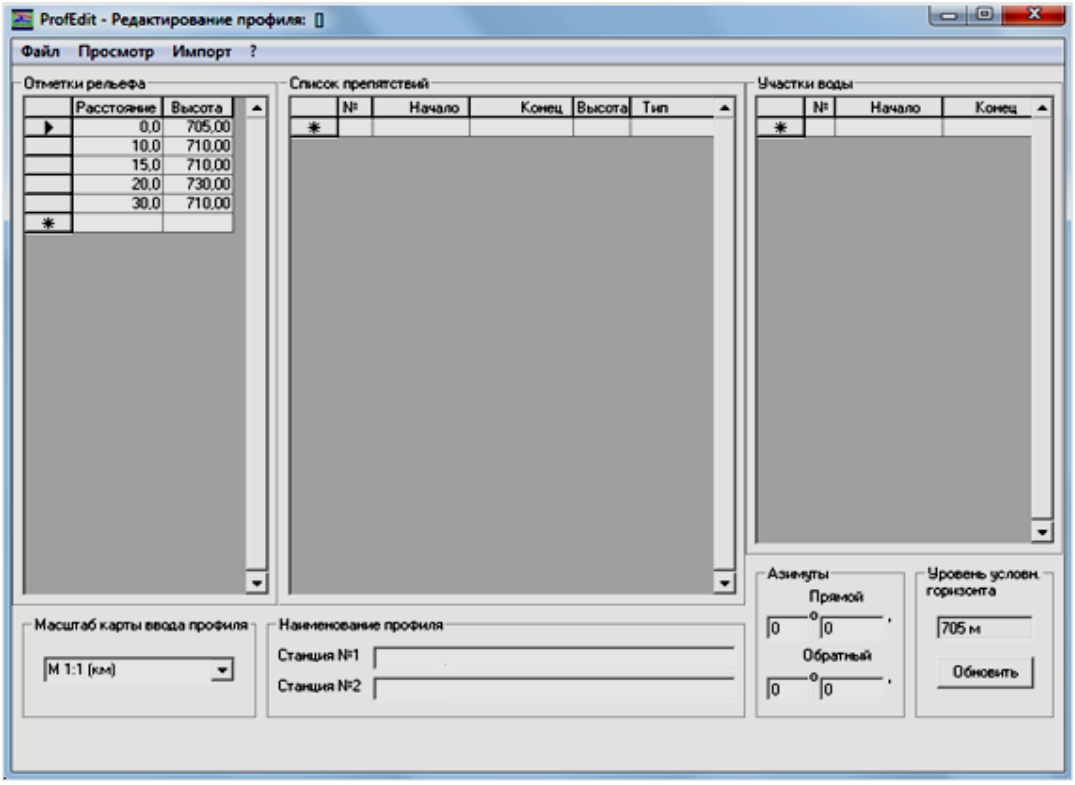


Рисунок 4.11 – Окно с данными высотных отметок на пролете Балпык – Актекше

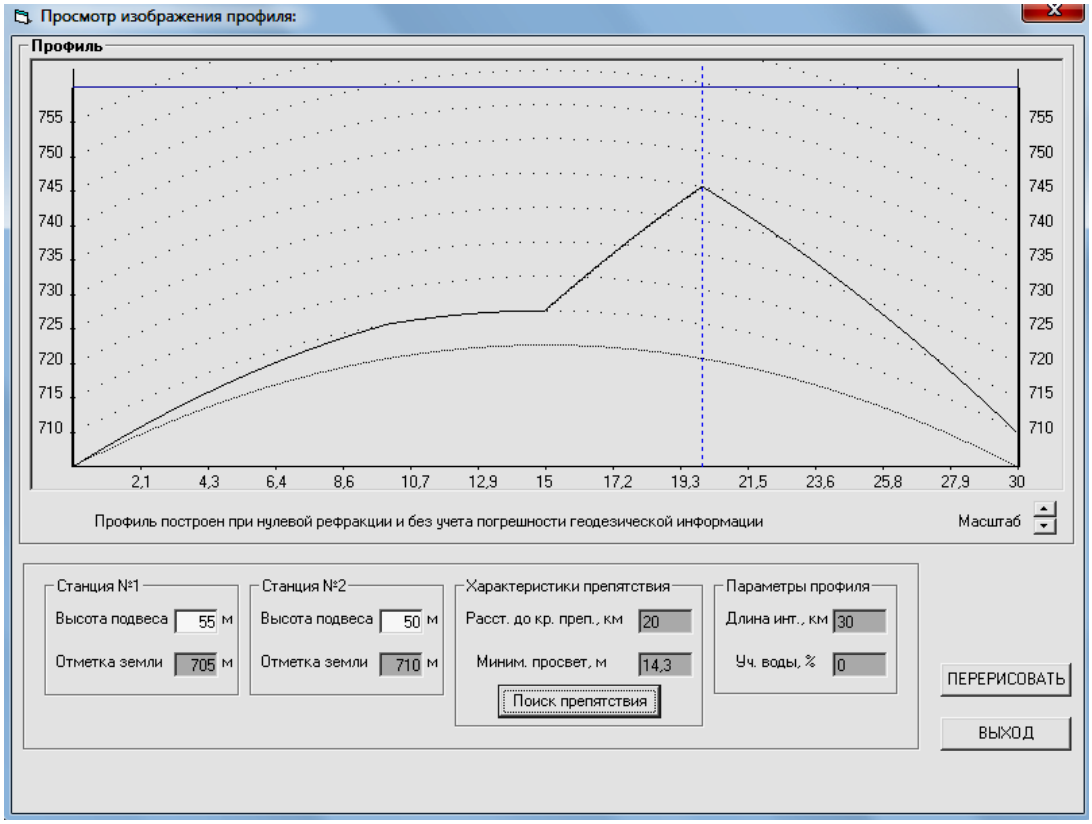


Рисунок 4.12 – Профиль пролета Балпык - Актекше

Расчет запаса на замирание

$$F_t = 117 + 31{,}3 + 31{,}3 - 5 - 139{,}21 = 35{,}35\,дБ.$$

$$r = \frac{1}{1 + 30/25{,}16} = 0{,}45\,,\ d_э = 0{,}45 \cdot 30 = 13{,}7\,км.$$

Для f =7,447 ГГц

$k_n = 0{,}003$ дБ/км; $k_V = 0{,}00265$ дБ/км; α = 1,31 – коэффициенты регрессии.

Рассчитаем

$$\gamma_Г = 0{,}003 \cdot 22^{1{,}33} = 0{,}18 \text{ дБ/км};$$

$$\gamma_V = 0{,}00265 \cdot 22^{1{,}31} = 0{,}15 \text{ дБ/км}.$$

Выбираем наименьшее удельное затухание для вертикальной поляризации

$$\gamma_V = 0{,}15[дБ/км].$$

Затухание на трассе, превышающее 0,01% времени

$$A_{0,01} = 0{,}15 \cdot 13{,}7 = 2{,}08\ дБ,$$

$\dfrac{A_{0,01}}{F_t} = \dfrac{2{,}08}{35{,}35} = 0{,}058 < 0{,}155$, принимаем $0{,}155$.

Время, в течение которого ослабление сигнала больше, чем запас на замирание

$$T_g = 10^{11{,}628\left[-0{,}546+\sqrt{0{,}29812+0{,}172\lg\left(0{,}12\cdot\frac{A_{0,01}}{F_t}\right)}\right]} = 1{,}39 \cdot 10^{-7}\ \%.$$

Среднее значение просвета на пролете

$$H(\bar{g}) = 12{,}23 - \frac{(30 \cdot 10^3)^2}{4} \cdot (-7 \cdot 10^{-8}) \cdot 0{,}6(1-0{,}6) = 16\,м$$

Относительный просвет

$$p(\bar{g}) = \frac{16}{9{,}88} = 1{,}63.$$

Относительная длина препятствия

$$l = \frac{14{,}3}{30} = 0{,}48.$$

Параметр μ, характеризующий аппроксимирующую среду

Принимаем $\alpha = 1$, тогда $\mu = \sqrt[3]{\dfrac{0{,}6^2(1-0{,}6)^2}{0{,}26^2}} \cdot \sqrt[6]{\dfrac{64 \cdot 3{,}14 \cdot 1^2}{3}} = 1{,}89$.

Значение относительного просвета $p(g_0)$, при котором наступает глубокое замирание сигнала, вызванное экранировкой препятствием минимальной зоны Френеля [13]

$$V_0 = -13\,дБ,\ V_{MIN} = -\frac{35{,}5}{2} = -17{,}675\,дБ, \quad p(g_0) = \frac{-9-(-17{,}675)}{-9} = -0{,}96.$$

$$A = \frac{1}{11{,}15 \cdot 10^{-8}} \sqrt{\frac{0{,}04}{\left(30 \cdot 10^3\right)^3 \cdot 0{,}6(1-0{,}6)}} = 0{,}678,$$

$$\psi = 2{,}31 \cdot 0{,}68 \cdot [1{,}63 - (-0{,}96)] = 4{,}06,$$

$$T_0(V_{MIN}) = 0{,}0003\%.$$

Таким образом, оптимизация высот подвеса антенн не нужна.
Норма на неготовность

$$UR_{ДОП} = \frac{0{,}3 \cdot 30}{2500} = 0{,}0036\,\%,$$

$$T_0 + T_g = 1{,}39 \cdot 10^{-7} + 3 \cdot 10^{-3} = 3 \cdot 10^{-3}\,\%,$$

$$3{,}6 \cdot 10^{-3} > 3 \cdot 10^{-3}.$$

Значит условие выполняется [14].

4.6 Расчет пролета Актекше - Сарыозек

Расчет ведется аналогично.

Приводим профиль пролета Актекше - Сарыозек, выполненный с помощью программы PprofEdit.

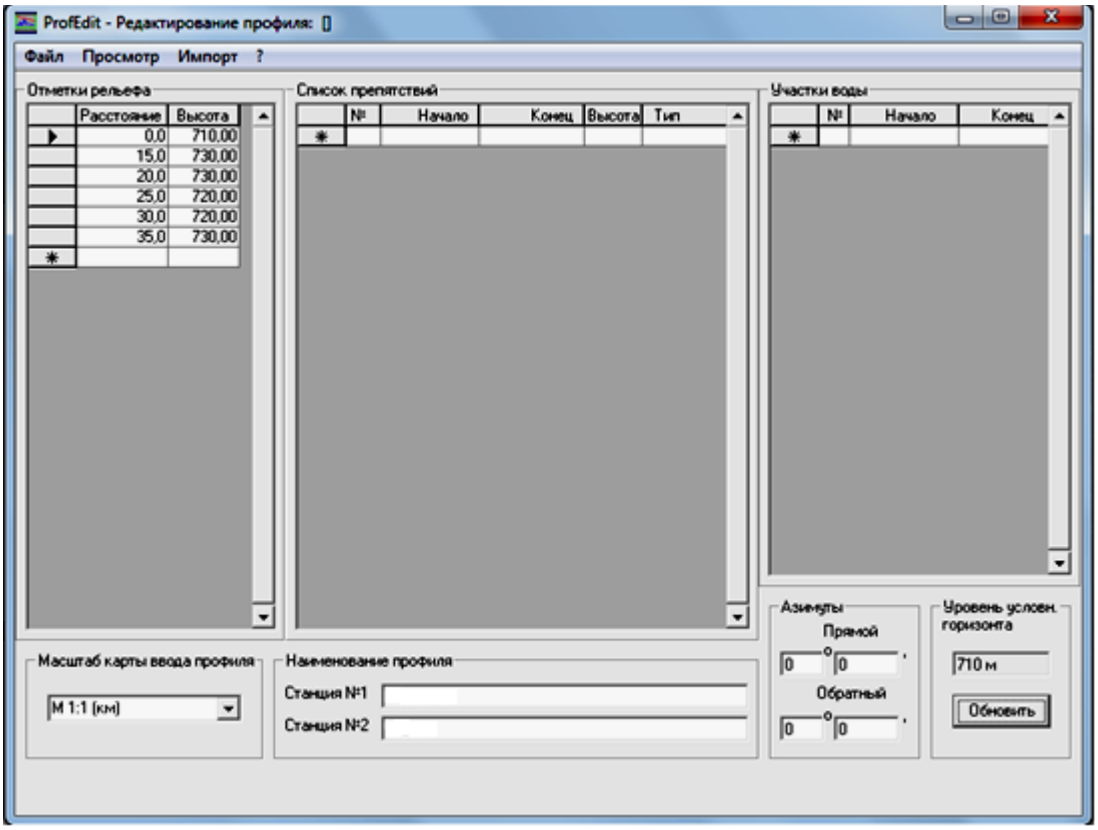


Рисунок 4.13 – Исходные данные пролета

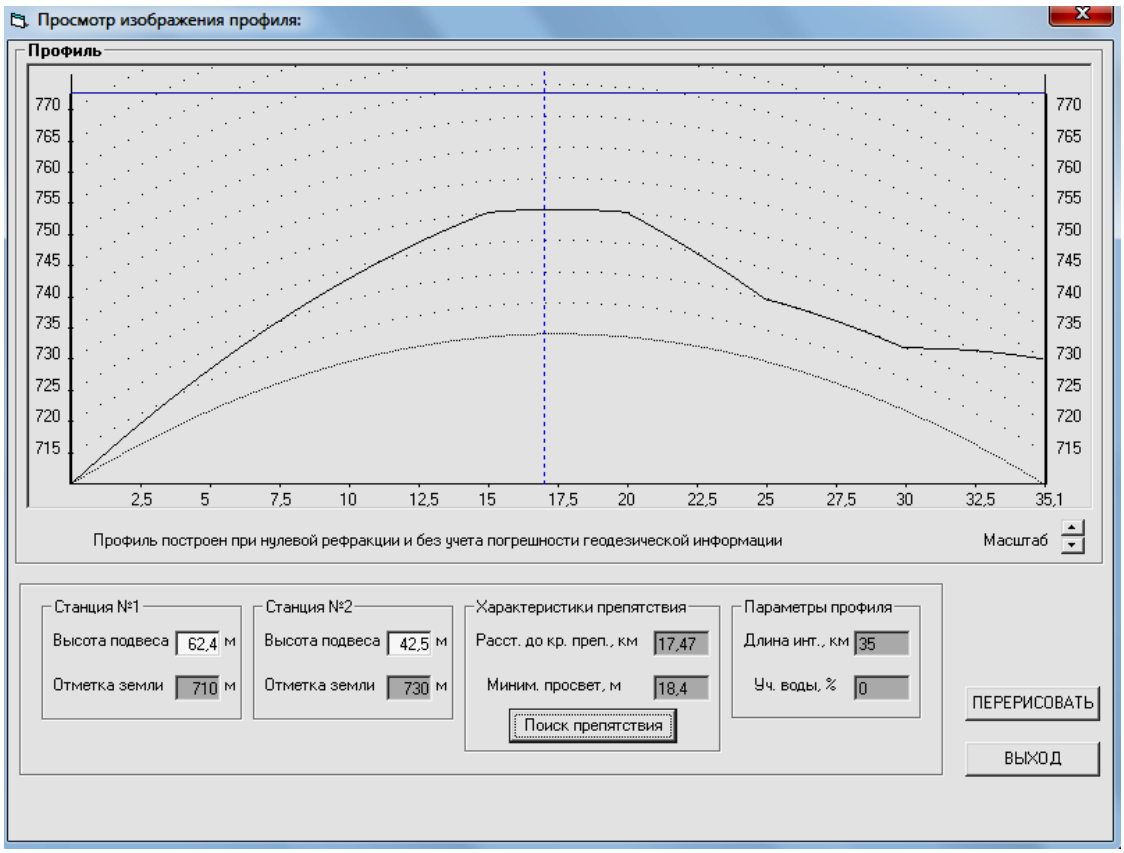


Рисунок 4.14 – Профиль пролета РРЛ

Выводы.

В данном разделе были рассчитаны условия выполнения устойчивости связи на пролетах радиорелейной линии прямой видимости с передачей цифровых сообщений .

Предложены методы организации радиорелейной линии связи, типы станций РРЛ. Также проработаны вопросы плана распределения частот, рассмотрены цифровые технологии, применяемые на РРЛ.

Кроме того рассмотрены принципы формирования цифровых сигналов, произведены выбор частотного диапазона проектируемой РРЛ, выбор оборудования и фирмы производителя.

Рассчитаны и построены три профиля пролета линии, временные параметры, произведена проверка норм трассы.

В экономической части приведен бизнес-план проекта. Кроме того рассмотрены вопросы безопасности жизнедеятельности.

По полученным результатам можно сделать вывод, что все нормы на неготовность выполняются даже на самых протяженных пролетах. Замирания в дожде были снижены за счет правильного выбора поляризации, из-за субрефракции радиоволн – за счет выбора оптимального уровня подвеса антенн.

5 Бизнес-план

5.1 Резюме

Данный бизнес план подтверждает целесообразность выбранного варианта – радиорелейная линия передачи Талдыкорган - Сарыозек, улучшения качества обслуживания пользователей и полного удовлетворения их потребностей за счет внедрения новых технологий, расширения спектра предоставляемых услуг, повышение надежности работы сети и сокращении затрат на эксплуатацию сети. С помощью радиорелейной линии осуществляется многоканальная передача телефонии, данных, с возможностью выхода в глобальную сет интернет.

Данный вид связи может использоваться при стихийных бедствиях, чрезвычайных ситуациях именно из-за быстроты развертывания и простоты установки антенн. Кроме того возможно применение беспроводных видов связи в труднодоступных районах (высокогорье). Что особенно актуально для нашей необъятной страны. Среди прочих достоинств цифровые радиорелейные линии связи ЦРРС имеют высокую скорость передачи, а значит и пропускную способность(155 Мбит/с и более).

Согласно произведенным расчетам заданный срок окупаемости составляет 1,3 года. Исходя из нижеприведенного финансово-экономического обоснования данного проекта, можно сделать вывод, что данный проект является экономически выгодным и эффективным, так как срок окупаемости с учетом дисконтирования не превышает заданный: 1,3 года < 5 лет.

5.2 Компания и отрасль

Проект будет реализовывать ТОО «GS Construction». Это предприятие обеспечивает комплексный подход к организации строительства от проектирования до предъявления объекта, готового к коммерческой эксплуатации, Заказчику. Проектирование, строительство, и твердые и сборного бетона фундамента проекты, в том числе установки основных и региональных экспресс линий и внешних инженерных сетей компании и реализации следующих видов деятельности с согласия промышленной структуры, проектирования, строительства и эксплуатации и выполнение технического обслуживания, дизайн и металлический башню или тип мачты, проектирование и строительство промышленных объектов, а также комплексное строительство исполнении генерального подрядчика для установки.

Реализация проекта приведет к расширению и удержанию телекоммуникационного рынка, расширению абонентской базы, увеличению доходов общества.

Удовлетворение существующего и прогнозируемого спроса на услуги телекоммуникаций в районах, где отсутствуют сети телекоммуникаций;

Необходимость проектирования РРЛ возникла в результате нехватки емкости местных АТС для формирования и расширения услуг населению.

5.3 Описание услуги

Область применения радиорелейной технологической связи:

Отсутствие технической возможности подключения по проводной линии DSL;

Несоответствие технических параметров абонентской линии (спаренный телефон, высокая дальность, зашумленная линия, воздушная линия, применение аппаратуры уплотнения РСМ и др.);

Экономическая нецелесообразность подключения по проводной линии;

Быстрый захват потенциальных абонентов с дальнейшим переключением их на проводные линии;

Обеспечение высокой скорости передачи данных (Свыше 10 Mbps)

Возможность телефонизации пригородных населенных пунктов находящиеся в зоне охвата;

Радиорелейная линия Тадыкорган - Сарыозек предназначена для обслуживания Алматинской области услугами связи. Население данного района составляет около 15000 человек.

5.4 Анализ рынка сбыта

Анализ внешней среды

В оценке задействованы следующие факторы:

Уровень экономического состояния целевого рынка и максимально возможный объем рынка.

Степень экономического развития целевого рынка, объемы инвестиций в регион. В январе-декабре 2013 года промышленностью области произведено товарной продукции в действующих ценах на 134823,4 млн.тенге, что увеличилось на 4,1% по сравнению с 2012 г. (в предыдущем году прирост составил 5,9%). Промышленная продукция, производимая в Энбекшиказахском районе, составляет 20,65% всего объема промышленного производства области. По сравнению с январем-декабрем 2012 года рост объема производства отмечен в перерабатывающей отрасли сельского хозяйства. Объем инвестиций в основной капитал за 2013 г. составил 18049 млн.тенге. (за 201г. - 167303 млн.тенге).

Платежеспособность населения.

Общая численность населения города оценивается как средний уровень жизни. Большинство населения стабильных сборов услуг связи города достаточно средним уровнем дохода устойчивого бизнеса.

Среднедушевые номинальные денежные доходы населения на январь 2014 года (по оценке) составили 26943 тенге и увеличились по сравнению с соответствующим периодом 2013 года на 8,4%.

Среднемесячная номинальная заработная плата по Энбекшиказахскому району, начисленная работникам в январе 2013 года, составила 39968 тенге и увеличилась по сравнению с январем 2014 года на 10,4%

5.5 Менеджмент

Алматинская областная дирекция телекоммуникаций осуществляет свою деятельность г. Алматы и по остальной территории области.

Основными видами деятельности филиала являются:

- Предоставление услуг местной телефонной связи;
- Предоставление услуг междугородной и международной связи;
- Предоставление доступа к сетям передачи данных;
- Телеграфная связь;
- Реализация таксофонных карт;
- Услуги интеллектуальной сети;
- Монтированная емкость сетей А ОДТ по АГДТ по состоянию на 1 января 2014 г. составила 852 208№№;
- Задействованная емкость – 481 271 №№;
- Свободная емкость – 937№№;
- Процент использования емкости АТС 99,5%

Деятельность Алматинской областной дирекции телекоммуникаций направлена на:

- Максимальное удовлетворение спроса в услугах телекоммуникаций;
- Повышение технического уровня телекоммуникаций, повышение качества предоставляемых услуг;
- Повышение экономической эффективности капитальных вложений;
- Удержание и захват высокодоходных рыночных сегментов;
- Увеличение доходов АО «Казахтелеком»

5.6 Маркетинг

По сравнению с проводными (xDSL или широкополосным), беспроводными или спутниковыми системами РРЛ сети должны позволить операторам и сервис-провайдерам экономически эффективно охватить не только новых потенциальных пользователей, но и расширить спектр информационных и коммуникационных технологий для пользователей, уже имеющих фиксированный (стационарный) доступ.

Беспроводные технологии более гибки и, как следствие, проще в развертывании, так как по мере необходимости могут масштабироваться.

Простота установки как фактор уменьшения затрат на развертывание сетей в развивающихся странах, малонаселенных или удаленных районах.

5.7 Финансовый план

Расчет капитальных вложений

Определение капитальных вложений, $К_{\Sigma}$

$$K_{\Sigma} = K_O + K_M + K_{TP} + K_{ПР} \quad (5.1)$$

где: $К_О$ – капитальные вложения на приобретение основного оборудования;

$К_{М.}$ – расходы по монтажу оборудования;

$К_{ТР}$ – транспортные расходы;

$К_{ПР}$ – затраты на проектирование

Расчет затрат на приобретение оборудования [16]

Таблица 5.1 – Смета затрат на приобретение оборудования для реализации проекта

Наименование	Тип	Стоимость KZT
Оборудование РРС– 3шт	Оборудование	16750500
Пассивное оборудование	Оборудование	862500
Электрооборудование	Оборудование	300 000
Клиентское оборуд. РРЛ CPE (100 портов)	Оборудование	17883000
Оборудование интегрированного доступа IAD (10 шт)	Оборудование	10608750
Оборудование ЦРРЛ три пролета (общая протяженность 97 км)	Оборудование	9378750
ЗИП	Оборудование	494550
Маршрутизатор 3шт	Оборудование	910500
Ко ВСЕГО:		57187500

Транспортные расходы, составляют 3% от стоимости всего оборудования.

$$Ктр = 0{,}03 \cdot Ко = 0{,}03 \cdot 57187500 = 1715625 \text{ тенге}$$

Монтаж оборудования, пуско-наладка производится инженерами монтажниками АО «Казахтелеком», расходы составляют 1% от стоимости всего оборудования.

$$Км = 0{,}01 \cdot Ко = 0{,}01 \cdot 57187500 = 571875 тг$$

Расходы по проектированию и разработки проекта составляют 0,5% от стоимости всего оборудования.

$$Кпр = 0{,}005 \quad Ко = 0{,}005 \quad 57187500 = 285937{,}5 \text{ тенге}$$

Общая сумма капитальных вложений по реализации проекта составляет:

$$K_{\Sigma} = 57187500 + 571875 + 1715625 + 285937{,}5 = 59760938 \text{ тенге}$$

Эксплуатационные расходы

Текущие затраты на эксплуатацию данной системы связи определяются по формуле:

$$Э_P = ФОТ + O_C + A_O + Э + H + M \qquad (5.2)$$

где ФОТ – фонд оплаты труда;

O_C – отчисления на соц. нужды;

A_O – амортизационные отчисления;

Э – электроэнергия для производственных нужд;

Н – накладные затраты;

М – расходы потраченные на материалы;

Фонд оплаты труда

В штате данного проекта состоит 2 инженера-техника. Месячная зарплата у инженера-техника составляет 85000 тенге (см. таблицу 5.2)

Таблица 5.2 – Заработная плата сотрудников

Должность	Количество	Месячная заработная плата	Суммарная месячная заработная плата	Годовая заработная плата, тенге
Инженер-техник	2	85000	170000	2040000

Затраты по оплате труда рассчитываются по формуле:

$$ФОТ = Зосн + Здоп \qquad (5.3)$$

где: $З_{осн}$ –основная заработная плата,

$З_{доп}$- дополнительная заработная плата.

Основная заработная плата в год будет:

$З_{осн}$ =2040000 тенге

Дополнительная заработная плата составляет 10% от основной заработной платы:

$$З_{ДОП} = 0{,}1 \cdot З_{ОСН} \qquad (5.4)$$

$$З_{ДОП} = 0{,}1 \cdot 2040000 = 204000 \text{ тенге}$$

Общий фонд оплаты труда за год составит:

ФОТ=2040000+204000=2244000 тенге

Расчет затрат по социальному налогу

В соответствии со статьей 317 Налогового кодекса РК социальный налог начисляется по специальной сетке в зависимости от размера начисленного дохода. Ставка составляет 11% и рассчитывается по формуле:

$$Oc = 0{,}11 \cdot (ФОТ - ПО), \quad (5.5)$$

где ПО – отчисления в пенсионный фонд.
ФОТ – фонд оплаты труда
0,11 – ставка на социальные нужды
ПО составляют 10% от ФОТ

$$ПО = 0{,}1 \cdot 2244000 = 224400 \text{ тенге}$$

Тогда социальный налог будет равен

$$Oc = 0{,}11 \cdot (2244000 - 224400) = 222156 \text{ тенге}$$

Расчет затрат на амортизацию

Амортизационные отчисления берутся исходя из того, что норма амортизации на оборудование связи составляет 25%.

Амортизация вычисляться по следующей формуле:3

$$A_0 = H_A \cdot \sum K, \quad (5.6)$$

где H_A- норма амортизации;

∑К – стоимость оборудования без НДС + затраты на монтажные и транспортные расходы.

Тогда амортизационные отчисления составляют:

$$A_0 = H_A \cdot \sum K = 0.25 \cdot 59760938 = 14940235 \text{ тенге}$$

Расчет затрат на электроэнергию

Затраты на электроэнергию для производственных нужд в течении года, включают в себя расходы электроэнергии на оборудование и дополнительные нужды:

$$Э = З_{ЭЛ.ОБОР.} + З_{ДОП.НУЖ.}, \quad (5.7)$$

где: $З_{ЭЛ.ОБОР.}$ – затраты на электроэнергию для оборудования;
$З_{ДОП.НУЖ.}$ – затраты на дополнительные нужды;
Затраты электроэнергии на оборудование рассчитывается по формуле

$$З_{ЭЛ.ОБОР.} = W \cdot T \cdot S \cdot 24 \cdot 12 \qquad (5.8)$$

где: W – потребляемая мощность,
W=16,8кВт;
T – время работы-24 часа;
S – тариф, равный 1 кВтч=12,02тг
365– количество дней в году [17];

$$З_{ЭЛ.ОБОР.} = 12{,}02 \cdot 16{,}8 \cdot 24 \cdot 365 = 1180287 \text{ тенге}$$

Затраты на дополнительные нужды составляют 5% от затрат на оборудование, рассчитывается по формуле:

$$З_{ДОП.НУЖ.} = 0{,}05 \cdot З_{ЭЛ.ОБОР.} \quad , \qquad (5.9)$$

где $З_{ЭЛ.ОБОР}$ - затраты на электроэнергию для оборудования;
Затраты на электроэнергию для дополнительных нужд:

$$З_{ДОП.НУЖ.} = 0{,}05 \quad 1180287 = 59014 \ тенге.$$

Тогда суммарные затраты на электроэнергию будут равны:

$$Э = 1180287 + 59014 = 1239301 \text{ тенге.}$$

Расчет накладных затрат

Накладные расходы составляют 60 % от всего затрат и рассчитываются по формуле:

$$H = 0{,}6 \cdot (ФОТ + O_c + A + Э) = 0{,}6 \cdot (2244000 + 222156 + \\ + 14940235 + 1239301) = 12119700 тг \qquad (5.10)$$

Расходы на материалы.

Материалы, использованные при технической реализации проекта представлены ниже в виде таблицы 5.3

Таблица 5.3 – Затраты на материал.

Наименование	Количество.	Цена за ед., тенге	Сумма, тенге
Шкаф для БС 19”	2	48200	96400
Кабельная продукция UTP 5e	400 м	35	14000
Кабель ВОЛС	100 м	150	15000
Прочие материалы	-	-	85000
ИТОГО:	**-**	**-**	**210400**

Результаты расчета годовых эксплуатационных расходов проекта в таблице 5.4

Таблица 5.4 – Годовые эксплуатационные расходы

Показатель	Сумма тенге
ФОТ	2244000
Отчисления на социальные нужды (Ос)	222156
Амортизационные отчисления (A_0)	14940235
Затраты на электроэнергию (Э)	1239301
Расходы на материалы (М)	210400
Накладные расходы (Н)	12119700
ИТОГО	**30975792**

Э=*2244000+222156+14940235+1239301+210400+12119700=30975792тг*

Расчет доходов от внедрения системы

Реальный доход, получаемый от полного внедрения системы можно определить по следующей формуле:

$$Д_{реал} = Д_П + Д_{ПД} + Д_Т, \tag{5.11}$$

где $Д_П$ – доход от подключения абонентов в год;

$Д_{ПД}$ – доход от абонентской платы за услуги по передачи данных в год;

$Д_Т$ – доход от абонентской платы за услуги телефонии.

Доходы от платежей за подключение в год:

$$Д_{ПО} = (T_П \cdot 12) \cdot N, \tag{5.12}$$

где $T_п$ – тариф за подключение

N – количество новых пользователей

Доход от услуги ПД по преобладающему трафику (вход/исход) в год:

$$Д_{ПД} = (T_{ПДср} \cdot 10 \cdot 12) \cdot N, \tag{5.13}$$

где N – количество клиентов,

$T_{ПДср}$ – среднее количество трафика на абонента в месяц составляет 4000Мб.

Цена за 1Мб равна 10тг.

Доход от услуги телефонии в год рассчитывается по формуле:

$$Д_Т = N_Т \cdot T_{Тсс} \cdot 30 \cdot 12, \quad , \tag{5.14}$$

где $T_{Tср}$ – средняя длительность разговора одного абонента составляет 90мин. Средний тариф составляет 30тг;

N_T - количество абонентов пользующихся услугами телефонии.

Результаты расчета доходов в результате внедрения проекта представлены в таблице 5.5

Таблица 5.5 –Прогноз доходов от внедрения услуг связи по годам

Наименование показателя	1	2	3
Количество новых пользователей, в ед.	300	460	680
Разовый платеж за подключение, в тенге	31200	31200	31200
Доходы от подключения клиентов за год, в тенге	9360000	14352000	21216000
Кол-во абонентов ПД., в ед.	50	120	180
Среднее значение трафика, в Мб	9800	9800	9800
Доходы от аб. ПД за год, в тенге	58800000	141120000	211680000
Кол-во аб. Телефония, в ед.	150	340	500
Средняя длительности разговора по направлению МГ/МН, мин	90	90	90
Дох. от аб. IP-тлф за год, в тенге	4860000	11016000	16200000
Реальные доходы за год, в тенге	73020000	166488000	249096000

Оценки эффективности от реализации проекта производятся на основе следующих показателей:

Чистый доход;

Чистый приведенный доход;

Срок окупаемости без дисконтирования;

Срок окупаемости с учетом дисконтирования.

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

Чистый доход предприятия определим по формуле:

$$D_{ЧИСТ.} = D - \sum Э \ , \qquad (5.15)$$

где D- реальный доход от внедрения услуг в год.

$\sum Э$ – эксплуатационные расходы

$$D_{ЧИСТ.} = 73020000 - 30975792 = 420442078 \text{ тенге}$$

Сумма налога в бюджет составляет 20% от чистого дохода предприятия. Чистый доход предприятия после налогообложения рассчитывается по формуле:

$$D_{ЧИСТ.Н.} = 0{,}8 \cdot D_{ЧИСТ}, \qquad (5.16)$$

где $D_{ЧИСТ.Н.}$ – чистый доход предприятия;

Тогда чистый доход после налогообложения составит:

$$D_{ЧИСТ.Н.} = 0{,}8 \cdot 42044208 = 33635366 \ тенге.$$

Аналогично посчитаем доход для последующих лет и занесем в таблицу 5.6

Таблица 5.6 - Показатели доходов (без дисконтирования)

Наименование показателя	1	2	3
Доходы от реализации услуг, тыс. тенге , Д	73020000	166488000	249096000
Эксплуатационные расходы, тенге, Э	30975792	30975792	30975792
Прибыль - Доходы от основной деятельности, тенге, ДО	42044208	135512208	218120208
Чистая прибыль - доходы после налогообложения, тенге, П	33635366	108409766,3	174496166
Амортизационные отчисления А , тенге	14940235	14940235	14940235
Чистый доход (Прибыль после налог-я +А), тенге, ЧД	48575690	123350000	189136400
Капитальные вложения, тенге, К	59760938	0	0
Чистые поступления, тенге	-11185248	123350000	189136400

Из расчета видно, что доходы оператора зависят от количества клиентов подключенных к сети. После 1,2 года, когда предприятие полностью начинает себя окупать, возможно, направление поступающих денежных средств на дальнейшее развитие сети и подключения большего числа абонентов, что незамедлительно скажется на уровне доходов данного предприятия. Так же в дальнейшем кроме увеличения числа абонентов и установки дополнительных базовых станций, предполагается модернизация сети с учетом требований на тот период [18].

Произведем расчет показателей экономической эффективности по формулам:

$$E_n = \frac{ЧД + A}{K} = \frac{33635366 + 14940235}{59760938} = 0{,}812$$

где ЧД – Чистый доход, 48575690 тг;

А – Амортизационные отчисления 14940235 тг;

К – Капитальные вложения, 59760938 тг.

Тогда срок окупаемости $T_{ок} = 1/E_n$ = 1/0,812 = 1,232 года.

По графику на рисунке 5.1 графически определяется срока окупаемости средств $Т_{ок}$ вложенных в проект без дисконтирования, срок окупаемости равен 1,15 года. График построен по данным таблицы.

Рисунок 5.1 – Определение срока окупаемости проекта без учета дисконтирования

Для приведения равновременных затрат к единому моменту времени необходимо произвести оценку эффективности проекта на основе показателей чистого приведенного дохода и срока окупаемости с учетом дисконтирования.

Приведенный чистый доход рассчитывается по формуле:

$$ПЧД = Кпр \cdot ЧД, \quad (5.17)$$

где ЧД– чистый доход от внедрения проекта.

Кпр – коэффициент дисконтирования, который рассчитывается по формуле:

$$Кпр = 1/(1+r) \cdot t, \quad (5.18)$$

где t- номер шага расчета;

r – ставка дисконта составляет 0,20

Коэффициент дисконтирования для первого года:

$$Кпр = 1/(1+0{,}20) \cdot 1 = 0.83. \quad (5.19)$$

Тогда приведенный чистый доход для первого будет равен:

$$ПЧД = 0.83 \cdot 48575690{,}7 = 40317823{,}3 \text{ тенге} \quad (5.20)$$

Аналогично произведены расчеты для следующих годов.

Результаты расчета показателей дохода с дисконтированием представленны в таблице 5.7

Таблица 5.7 – Показатели доходов (с дисконтированием)

Наименование показателя	1	2	3
Доходы от реализации услуг, тенге	73020000	166488000	249096000
Эксплуатационные расходы, тенге	30975792	30975792	30975792
Прибыль - Доходы от основной деятельности, тенге	42044208	135512208	218120208
Чистая прибыль - доходы после налогообложения, тенге	33635366	108409766	174496166
Амортизационные отчисления A_0 , тенге	14940235	14940235	14940235
Чистый доход (Прибыль после налог-я +А), тенге	48575691	123350001	189136401
Коэффициент привидения	0,83	0,69	0,58
Приведенный чистый доход с учетом дисконтирования, тенге	40317823	85111501	102207342
Капитальные вложения, тенге	59760938	0	0
Чистые поступления, тенге	-19443115	85111501	102207342

По графику на рисунке графически определяется срок окупаемости средств $T_{ок}$, вложенных в проект. С дисконтированием срок окупаемости равен 1,3 года. График построен по данным таблицы на рисунке 5.2

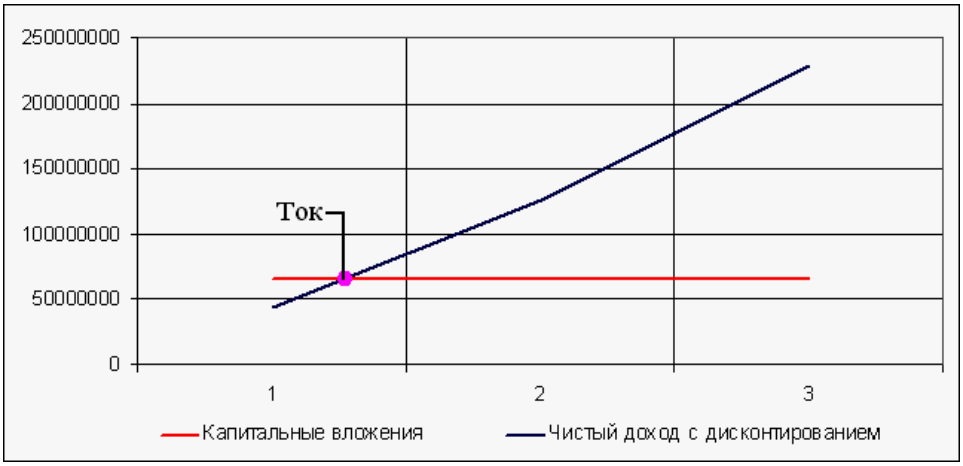


Рисунок 5.2 - Определение срока окупаемости проекта

Заданный срок окупаемости (возврата) капитальных вложений характеризует период времени в годах, в течение которого вложенные средства полностью возместятся прибылью, и составляет 1,3года. Исходя из вышеприведенного финансово-экономического обоснования данного проекта, можно сделать вывод, что данный проект является экономически выгодным и

эффективным, так как срок окупаемости с учетом дисконтирования не превышает заданный: 1,3 года < 5 лет.

6 Безопасность жизнедеятельности

6.1 Анализ условий труда

Данный раздел посвящен расчету и анализу безопасности жизнедеятельности в служебных помещениях радиорелейных станции (узловых, оконечных). Дипломная работа посвящена организации линии радиорелейной связи Талдыкорган – Сарыозек.

Цифровые радиорелейные линии могут передавать несколько сотен тысяч различных типов сигналов. При этом качество передачи не уступает альтернативным методам связи (ВОЛС, спутниковые линии связи). Особенно активно данный вид связи используется в ведомственных, корпоративных, региональных, национальных и даже международных сетях связи. Среди прочих преимуществ РРЛ, одним из главных является возможность использования имеющихся помещений, опор и инфраструктуру имеющихся сооружений.

Плотность потока мощности электромагнитного излучения от антенн РРС не превышает предельно допустимых величин, определенных "Временными санитарными нормами и правилами защиты населения от воздействия электромагнитных полей, создаваемых радиотехническими объектами" (10 мкВт/см2) (12).

На площадках узловых, оконечных и промежуточных радиорелейных станций должны быть предусмотрены следующие здания и сооружения, предназначенные для размещения оборудования радиорелейных и кабельных систем передачи, электроустановок и вспомогательных служб; отдельно стоящее техническое здание, дизельная, антенная опора, трансформаторная подстанция, склады дизельного топлива, смазочных масел, кроме того на УРС и ОРС могут быть предусмотрены и другие сооружения(котельная, гараж, здание АПС, пожарный резервуар и т.п.).

Емкость расходных складов для хранения запаса топлива, масел, газа и пр. материалов определяются в зависимости от типа радиорелейной станции на основании норм, изложенных в ВСН332 Министерства транспорта и коммуникаций РК.

Оборудование рабочего места

Помещение является производственным . Высота рабочей поверхности над уровнем пола 0,8 м, окна начинаются с высоты 0,8 м, высота окон 2,4 м. Рядом стоящее здание на расстоянии 10 м, высотой 7 м, с трех других сторон затеняющих зданий нет .

В аппаратных РРС устанавливается следующая аппаратура и оборудование радиорелейных систем:

- на УРС -высокочастотное, резервирования, оконечное, кабельных систем передачи (при необходимости), коммутации каналов, обслуживания, служебной связи и контроля, распределения постоянного тока, оборудования антенно-фидерных трактов (АФТ);

- на ОРС -высокочастотное, резервирования, оконечное, кабельных систем передач (при необходимости), обслуживания, служебной связи и контроля, распределения постоянного тока, оборудования АФТ, оборудование автоматической радиотелефонной связи;

- на ПРС - высокочастотное, обслуживания, распределения постоянного тока, оборудования АФТ, выделения спектра и радиотелевизионный ретранслятор - на ПРС с выделением телевидения [19].

Оборудование, управление и контроль губернаторов CMS, и УРС оборудование считаются обеспечить налог рабочих пространств. Эти станции ТРК рекомендуется оборудование должны быть оборудованы в соответствии с перечнем инструментов для разработчиков.

Станции РРС должны проектироваться с учетом СНиП 21-01-97* [20],а также противопожарных требований, изложенных в других нормативных документах.

Здания и сооружения станций РРС, предназначенные для размещения в них электрического оборудования средств связи, должны иметь степень огнестойкости не ниже IIIи класс конструктивной пожарной опасности не ниже С0.

Необслуживаемые станции РРС контейнерного типа должны иметь степень огнестойкости не ниже IV и класс конструктивной пожарной опасности не ниже С1.

Электропитание оборудования осуществляется от опорного источника постоянного тока U-48В с заземленным положительным полюсом, допустимыми колебаниями в пределах 52-66В и перерывами не более 5мс.

Электропитающая установка состоит из выпрямительных устройств, двух аккумуляторных батарей, работающих в буферном режиме и способных обеспечить бесперебойное трехчасовое электропитание оборудования и при отключении источника переменного тока.

Питание внешних устройств ЭВМ операторской и микропроцессоров станции переменным током осуществляется от опорного источника постоянного тока через инверторы, устанавливаемые в выпрямительной, или от сети переменного тока через регуляторы напряжения. Завод (строительство) конструкции, повреждение оборудования можно избежать появления различных землеустройства и специальный телефон. Все оборудование сертифицировано как профессионального риска, по крайней мере, как это определено.

.Для тушения горящего электрооборудования на радиорелейных станциях необходимо применять сертифицированные газовые огнетушащие составы в соответствии с НПБ88-2001 [18].

Рекомендованные к применению газовые огнетушащие составы и нормы их расхода приведены в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Газовые огнетушащие составы (ГОС) для тушения пожаров в помещениях РРС с технологическим оборудованием

Наименование ГОС	Норма расхода ГОС, кг/м^3, не менее	Условия применения
Хладоны озононеразрушающие сертифицированные	В соответствии с приложением 5 норм [6]	Модули и батареи газового пожаротушения вместимостью 40-100 л
Углекислота	То же	То же, изотермические резервуары

Модули и батареи, а также изотермические резервуары, применяемые в автоматических установках газового пожаротушения, должны быть сертифицированы по НПБ54-96 [18] и НПБ78-99 [19]соответственно.

Водопенннвые средства, а также порошковые и аэрозольные составы для тушения горящего электротехнического оборудования на станциях РНЦ не должны использоваться.

Используемые техники: оптический модем, маршрутизатор, компьютер, концентратор к сети компьютерах, в здании.

Согласно «Временным санитарным нормам и правилам для работников вычислительных центров» при вводе данных, редактировании программ, чтении информации с экрана непрерывная продолжительность работы с видеотерминалом не должна превышать четырех часов (при восьми часовом рабочем дне). Для снижения напряженности труда рекомендуется по возможности равномерно распределять нагрузку и рационально чередовать характер деятельности.

Через каждый час работы рекомендуется перерыв на 5–10 минут, а через два часа на 15 минут. Один или несколько раз в час необходимо выполнять серию легких упражнений на растягивание, которые могут уменьшить напряжение, накапливающееся в мышцах при длительной работе на компьютере. Категория работ 1а.

Важным элементом рациональной планировки рабочего места является учет индивидуальных антропометрических и психофизиологических данных работающего.

В Санитарных нормах и правилах – СанНиП 2.2.2.542-96 даются общие требования к организации и оборудованию рабочих мест с персонально электронно-вычислительной машины ПЭВМ [20].

Конструкция рабочего стола должна обеспечивать оптимальное размещение на рабочей поверхности используемого оборудования с учётом его количества и конструктивных особенностей (размер ПЭВМ, клавиатуры и др.), характера выполняемой работы.

Высота рабочей поверхности стола должна регулироваться в пределах 680-800 мм; при отсутствии такой возможности высота рабочей поверхности

стола для ПЭВМ, на основании которых рассчитываются конструктивные размеры, следует считать: ширину 800,1000,1200 и 1400 мм, глубину 800 и 1000 мм при нерегулируемой его высоте, равной 725 мм.

Рабочий стол должен иметь пространство для постановки ног, которое составляет: высоту – не менее 600 мм, ширину – не менее 500мм, глубину на уровне колен – не менее 450 мм и на уровне вытянутых ног – не менее 650мм.

6.2 Выбор огнетушителей, расчет их количества, установка пожарных извещателей

Для тушения пожаров используем порошковые огнетушители ОП-5 объемом 7 л. Они являются хорошими диэлектриками и быстро тушат пожар. В виду того, что такие огнетушители со временем слеживаются, будем производить их замену каждый год [20].

Согласно СНиП на каждые 100 м^2 необходимо устанавливать один огнетушитель. Поскольку у нас помещение размером 5х10 и общая площадь, таким образом, составляет 50 м^2, то для тушения пожаров установим один порошковый огнетушитель. Расположение огнетушителя показано на рисунке 6.2.

В качестве пожарного извещателя установим ПКИЛ-9 – ручной пожарный извещатель. Он устанавливается на лестничных площадках и в коридорах и окрашивается в красный цвет. При обнаружении пожара следует разбить защитное стекло и нажать кнопку, которая замыкает электрическую цепь и на приемной станции раздается звуковой сигнал. Расположение извещателя показано на рисунке 6.2

Для предупреждения пожаров все токоведущие части монтируем на негорючих основаниях (мрамор, текстолит, гетинакс, асбест и т.п.).

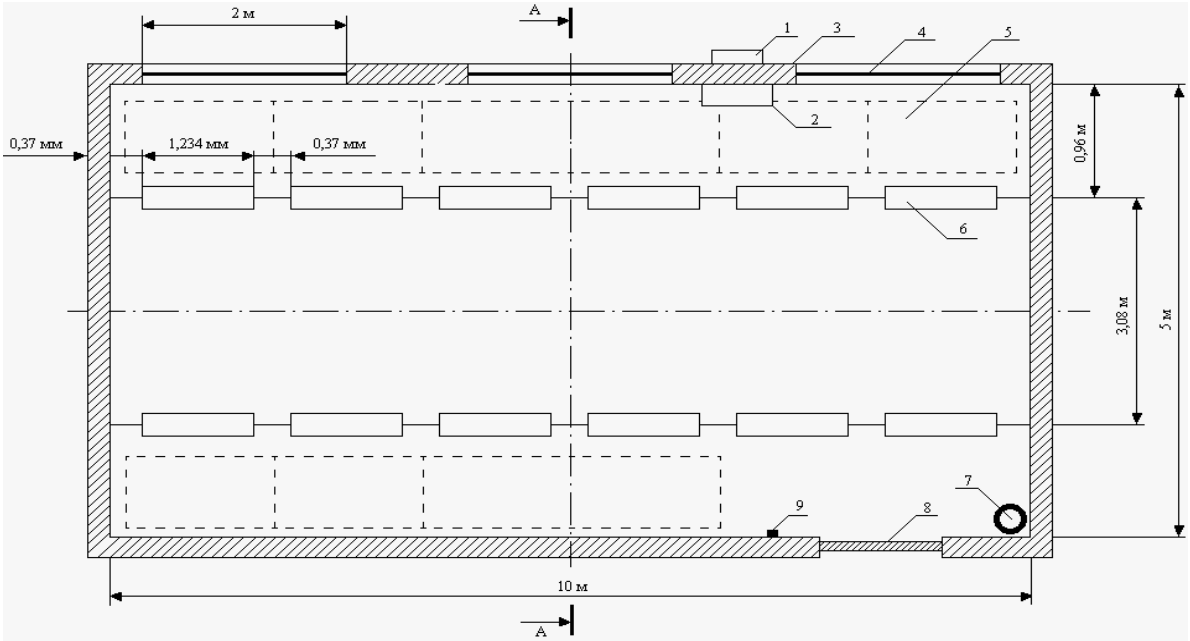


Рисунок 6.2 Схема искусственного освещения

1 – кондиционер (внешний блок);
2 – кондиционер (внутренний блок);
3 – стена;
4 – окно;
5 – рабочее место;
6 – люминесцентная лампа;
7 – огнетушитель;
8 – дверь;
9 – пожарный извещатель.

6.3 Расчет системы искусственного освещения

Дано:
Параметры аппаратного зала
длина L = 10 м;
ширина B = 5 м;
высота H = 3 м;
высота рабочей поверхности h_P = 0,8 м;
разряд зрительной работы III (высокой точности).

Для операторского зала рекомендована люминесцентная лампа ЛБ40-4 (белого цвета), мощностью 40 Вт, световым потоком 3000 лм, диаметром 40 мм и длиной со штырьками 1213,6 мм (таблица 2-12, [19]).

Определим наивыгоднейшее расстояние между светильниками:

$$Z = \lambda \cdot h \text{ м;} \tag{6.1}$$

где, λ =1,2 ÷ 1,4;
$h = H - h_P = 3 - 0{,}8 = 2{,}2$ м.

По этим данным находим, что наивыгоднейшее расстояние между светильниками равно

$$Z = \lambda \cdot h = 1{,}4 \cdot 2{,}2 = 3{,}08 \text{ м.}$$

Рассчитаем число рядов светильников

$$n = \frac{B}{Z}; \tag{6.2}$$

где, B – ширина помещения, B = 5 м;
Z – расстояние между светильниками, Z = 3,08 м.
Отсюда

$$n = \frac{B}{Z} = 5/3{,}08 = 1{,}62 \approx 2.$$

1 < n <2 берём большее значение;

Следовательно светильники будем располагать в два ряда.

Определим число светильников

$$N = \frac{E \cdot K_З \cdot S \cdot Z}{n \cdot Ф_Л \cdot \eta}, \qquad (6.3)$$

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

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

S – освещаемая площадь, S = 50 м ;

Z — коэффициент неравномерности освещения, Z = 1,2;

η - коэффициент использования;

$Ф_Л$ – световой поток лампы, $Ф_Л$ = 3000 лм.

n – число ламп в светильнике.

Нам неизвестен коэффициент использования, для его нахождения определим индекс помещения [21]

$$i = \frac{L \cdot B}{h \cdot (L + B)} = \frac{10 \cdot 5}{2{,}2 \cdot (10 + 5)} = \frac{50}{33} = 1{,}52 \qquad (6.4)$$

Т.к. у нас побеленный потолок, побеленные стены с окнами, закрытыми белыми шторами, то коэффициенты отражения будут следующими [19]): р пот = 50%, р ст = 30%, р пол = 20%.

Следовательно, коэффициент использования η = 54% (таблица 5-20) [20]

В качестве светильника возьмем ЛСП02 рассчитанный на 2 лампы мощностью 40 Вт, диаметром 40 мм и длиной со штырьками 1213,6 мм. Длина светильника 1234 мм, ширина 276 мм.

Таким образом

$$N = \frac{E \cdot K_З \cdot S \cdot Z}{n \cdot Ф_Л \cdot \eta} = \frac{400 \cdot 1{,}5 \cdot 50 \cdot 1{,}15}{2 \cdot 3000 \cdot 0{,}54} = 11{,}6 \approx 12$$ светильников.

Вывод, у нас 12 светильников расположенных в два ряда, в каждом ряду по шесть светильников, в каждом светильнике по 2 лампы.

Итого, для создания нормированной освещенности нам понадобится 24 лампы в 12-ти светильниках располагающихся в два ряда, в каждом ряду по 6 светильников, в каждом светильнике по 2 лампы.

6.4 Расчет системы вентиляции

Рассчитаем количество тепла, выделяемого оборудованием [22]. В помещении расположено 10 персональных компьютеров. Каждый компьютер имеет мощность 230 Вт. Общая мощность компьютеров составляет:

10*230=2300 Вт = 2,3 кВт.

Также имеется один принтер с потребляемой мощность 50 Вт. Общая потребляемая мощность офисной техники равна 2,35 кВт.

Тепло, выделяемое офисным оборудованием рассчитаем по формуле

$$Q_{ОБ} = 860 \cdot P_{ОБ} \cdot \eta, \tag{6.5}$$

где, 860 – тепловой эквивалент 1 кВт/час;
$P_{ОБ}$ – потребляемая мощность, $P_{ОБ}$ = 2,35 кВт;
з – коэффициент перехода тепла в помещение, з = 0,95.
Подставив все значения в формулу, находим

$$Q_{ОБ} = 860 \cdot P_{ОБ} \cdot \eta = 860 \cdot 2{,}35 \cdot 0{,}95 = 1919{,}95 \text{ ккал/ч.}$$

Рассчитаем теплонапряженность воздуха по формуле [23]

$$Q_{Н} = \frac{Q_{ИЗБ}}{V_{П}}, \tag{6.6}$$

где, $V_{П}$ – объем помещения, $V_{П}$ = 150 м^3.

$Q_{ИЗБ} = Q_{Л} + Q_{ОБ}$ = 770 + 1919,95 = 2689,95 ккал/ч.

Таким образом, подставив все данные в формулу, получим:

$Q_{Н.} = Q_{ИЗБ}./V$ = 2689,95/150 = 17,933ккал/м^3.

Т.к. $Q_{Н}$ < 20 ккал/м^3, то Δt = 8 ^{0}С.
Найдём требуемое количество подаваемого воздуха

$$L = \frac{Q_{ИЗБ}}{C_{В} \cdot (t_{УДАЛ} - t_{ПОСТ})} =$$

2689,95 / 0,24 *8*1.206 = 2689,95 / 2,31552 = 1161.704м^3/ч.

Рассчитаем кратность воздухообмена по формуле

$$K = \frac{L}{V}, \qquad (6.7)$$

где, L – требуемое количество подаваемого воздуха, L = 1161.704 м^3/ч;
V – объем помещения, V = 150 м^3.

Таким образом, кратность воздухообмена равна

$$K = \frac{L}{V} = \frac{1161.704}{150} = 7.74469 \approx 8 \quad 1/\text{час}$$

Т.о. нам необходим кондиционер, создающий воздухообмен 1161.704 м^3/ч.

Установим в операторском зале один настенный кондиционер DELONGHI CP 30, рассчитанный на 130 м^2 (расположение кондиционера показано на рисунке 4.2). Данный кондиционер создает воздухообмен 1300 м^3/ч, что удовлетворяет условию 1300 м^3/ч >1161.704 м^3/ч, создает в помещении воздушную среду с температурой 17-26 ^{0}С и влажность 40-70%, удаляет из помещения избыточную влагу и тепло, снабжен таймером, термостатом, бактерицидным фильтром и автоматическим климат контролем. Электропитание кондиционера 230 В, 5 А, 50 Гц; максимальный уровень шума 38 дБ; внутренний блок: длина 810 мм, высота 300 мм, глубина 200 мм; внешний блок: длина 650 мм, высота 500, глубина 210 мм.

6.5 Электробезопасность

Рассчитываем сопротивление защитного заземления электропитающего устройства предприятия связи, распределяющего электроэнергию напряжением 380/220 В [24].

В качестве естественного заземлителя используем металлическую технологическую конструкцию, частично погруженную в землю; ее расчетное сопротивление растекания R_E=15 Ом. Заземлитель предполагается выполнить из вертикальных стержневых электродов длиной ℓ_B=2,5м., диаметром d=12мм, верхние концы которых соединяются между собой с помощью горизонтального электрода длиной 70м - стальной полосы сечением 10×24мм, уложенной в землю на глубине t=0,5м. Удельные сопротивления земли равны: для вертикального электрода (длиной 5м) и для горизонтального электрода (длиной 75м) $\rho_Г$=140 Ом×м.

Требуемое сопротивление защитного заземляющего устройство по ГОСТ 464-79 должно быть не более 4Ом.т.е. Rз < 4 Ом:

$$R_З = 125/\ I, \qquad (6.8)$$

где $I_З$ – расчетный ток замыкания на землю равен
$I_З = U_З / R_З = 48 / 4 = 12А$,

Определим требуемое сопротивление искусственного заземлителя:

$$R_U = R_E \times R_З / (R_E - R_З), \qquad (6.9)$$

где R_E – сопротивление растекания естественного заземлителя, Ом.
$R_U = 20 \times 4 / (20 - 4) = 5$ Ом.,

Тип заземлителя выбираем рядный, размещенный вдоль здания, где расположена станция. При этом вертикальные электроды размещаем на расстоянии a=5м друг от друга.

Уточним параметры заземлителя путем проверочного расчета. Из предварительной схемы видно, что в принятом нами заземлителе суммарная длина горизонтального электрода $L_Г \approx 70$м., а количество вертикальных электродов n=14шт. Вычисляем расчетные значения сопротивлений горизонтальных электродов (суммарное сопротивление) $R_Г$ и одного вертикального электрода по следующим формулам:

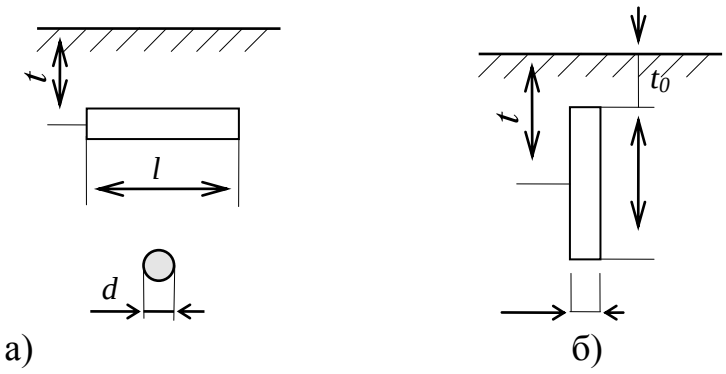
$$R_В = \frac{\rho}{2 \times \pi \times \ell} \times [Ln \frac{2\ell}{d} + \frac{1}{2} \times Ln \frac{4 \times t + \ell}{4 \times t - \ell}], \qquad (6.10)$$

где $\ell >> d$; $t_0 \geq 0{,}5$м.

$$R_Г = \frac{\rho}{\pi \times \ell \times 2} \times Ln \frac{\ell \times \ell}{d \times t}, \qquad (6.11)$$

где $\ell >> d$; $\ell >> 4 \times t$, $d = 0.5 \times b$ для полосы шириной b.

Схемы заземлителей изображены на рисунке 6.3



а) Вертикальный стержневой электрод
б) Горизонтальный электрод - стальная полоса

Рисунок 6.3 Схема заземлителя

Из рисунка 6.3.а видно, что $t=l/2+t_0$

t=2,5/2+0,5=1,75 м,

Тогда определяем $R_В$ по формуле (6.10)

$$R_В=\frac{140}{2\times 3{,}14\times 2{,}5}\times\left(Ln\frac{2\times 2{,}5}{0{,}012}+\frac{1}{2}\times Ln\frac{4\times 1{,}75+2{,}5}{4\times 1{,}75-2{,}5}\right)=55 \text{ Ом,}$$

Вычисляем $R_Г$ по формуле 4.18.

$$R_Г=\frac{140}{2\times 3{,}14\times 70}\times Ln\frac{70\times 70}{0{,}5\times 0{,}04\times 0.5}=6 \text{ Ом,}$$

Далее, имея в виду, что принятый заземлит ель расположен в ряд и что n=15шт., а отношение $a/\ell_В$=5/5=1, определяем по таблицам коэффициенты использования заземлителя:

$\eta_В$=0,66
$\eta_Г$= 0,365
Вычисляем расчетное сопротивление группового заземлителя R, Ом, по формуле:

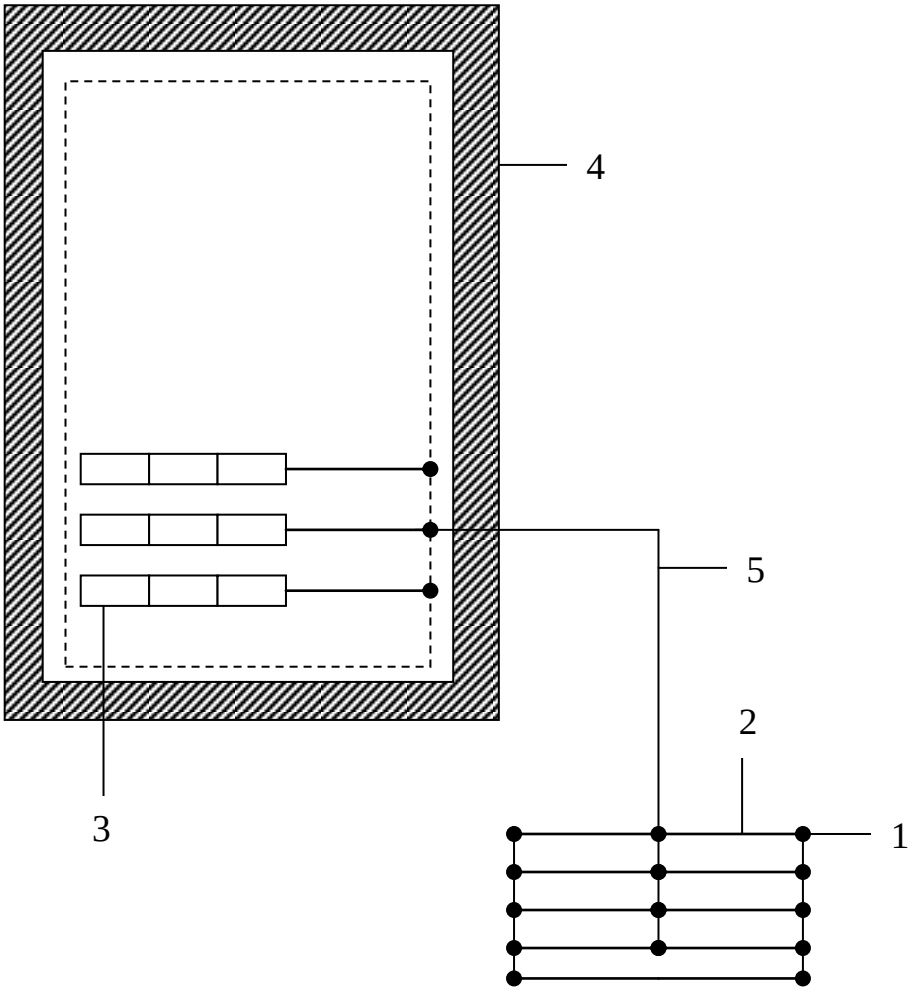
$$R_{ГР}=\frac{R_В\times R_Г}{R_В\times\eta_Г+R_Г\times n_В\times\eta_Г}, \qquad (6.12)$$

где $R_В$ и $R_Г$ – сопротивления растеканию вертикального и горизонтального электродов, Ом.; $n_В$ – число вертикальных электродов.

Rг.р.=55*6/55*0,66+6*0,36=4,4Ом,
Это сопротивление меньше заданного ($R_{и.тр}$=5 Ом), что повышает безопасность.
Общее сопротивление (действительное) заземляющего устройства:

Rз.д.=(Re*Rи)/(Re +Rи)
Rз.д.=(20*4,4)/(20+4,4)=3,66Ом,

Найденное сопротивление меньше требуемого по ГОСТ 464-79 (4Ом). Сопротивление заземляющего устройства лежит в пределах допустимого. Схема расположения заземлителей приведена на рисунке 6.4.



1 – вертикальный электрод;
2 – горизонтальный электрод;
3 – стативы оборудования;
4– помещение;
5 – заземляющий провод

Рисунок 6.4 Схема заземлителя

В данном разделе был произведён анализ условий труда в технологическом помещении радиорелейной станции, признанный допустимым.

Расчёты показали, что четыре окна размером 2,4х2 м соответствуют нормативам естественного освещения рабочего помещения. Для искусственного освещения в качестве светильников были выбраны светильники ЛСП-02 в количестве 12 штук. Длина светильника 1540 мм, ширина 276 мм. В каждом светильнике имеются по две лампы ЛБ 65, световой поток которых составляет 3570 лм. При расчете заземлителей было рассчитано сопротивление заземляющего устройства, которое находится в пределах допустимых норм, Найденное сопротивление меньше требуемого по ГОСТ 464-79 (4Ом).

Заключение

В данном дипломной работе была рассмотрена возможность организации линии связи Талдыкорган – Сарыозек при помощи цифровой радиорелейной системы передачи.

Были рассмотрены принципы организации радиорелейной связи, методы построения данных сетей, типы свойства и возможности радиорелейного оборудование и станций, в том числе. Приведена классификация интервалов, требования, которые необходимо выполнять при выборе интервалов и мест расположения радиорелейных станций.

Произведено обоснование выбора мест расположения станций, а также необходимого оборудования для трассы Талдыкорган – Балпык – Актекше – Сарыозек.

В расчетной части были произведены расчеты трех пролетов трассы. А именно произведено построение продольных профилей пролетов с помощью программы ProfEdit с учетом рельефа местности, где проходит линия связи.

В экономической части подтверждена эффективность внедрения радиорелейной линии на участке Талдыкорган – Балпык – Актекше – Сарыозек. По расчетам срок окупаемости составил 1,3 года, что подтверждает экономическую выгодность данного проекта организации линии связи.

Кроме всего прочего рассмотрены меры по безопасности жизнедеятельности, где произведен анализ безопасности в служебных помещения РРЛ. Также приведены расчеты системы искусственного освещения, системы вентиляции, электробезопасности.

В целом цели и задачи, поставленные в данной дипломной работе выполнены полностью.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Листинг программа ProfEdit

```
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);

type
  TForm1 = class(TForm)
    Label1: TLabel;
    Edit1: TEdit;
    Label2: TLabel;
    Label3: TLabel;
    Label4: TLabel;
    Label5: TLabel;
    Label6: TLabel;
    Label7: TLabel;
    Label8: TLabel;
    Label9: TLabel;
    Label10: TLabel;
    Label11: TLabel;
    Label12: TLabel;
    Label13: TLabel;
    Label14: TLabel;
    Label15: TLabel;
    Label16: TLabel;
    Edit2: TEdit;
    Edit3: TEdit;
    Edit4: TEdit;
    Edit5: TEdit;
    Edit6: TEdit;
    Edit7: TEdit;
    Edit8: TEdit;
    Edit9: TEdit;
    Edit10: TEdit;
    Edit11: TEdit;
    Edit12: TEdit;
    Edit13: TEdit;
    Edit14: TEdit;
    Edit15: TEdit;
    Edit16: TEdit;
    Button1: TButton;
    Label17: TLabel;
    Label18: TLabel;
    Label19: TLabel;
    Label20: TLabel;
    Label21: TLabel;
    Label22: TLabel;
```

```
    Label23: TLabel;
    Label24: TLabel;
    Label25: TLabel;
    Label26: TLabel;
    Label27: TLabel;
    Label28: TLabel;
    Edit17: TEdit;
    Edit18: TEdit;
    Edit19: TEdit;
    Edit20: TEdit;
    Edit21: TEdit;
    Edit22: TEdit;
    Edit23: TEdit;
    Edit24: TEdit;
    Edit25: TEdit;
    Edit26: TEdit;
    Edit27: TEdit;
    Edit28: TEdit;
    Label29: TLabel;
    procedure Button1Click(Sender: TObject);
  private

E,D,SNvyh,h2,B1,B2,B3,F,f1,G,l,epr,n11,n22,Wf,adf,al,Pnom,Nvn,SNvh,U1,aft,n,ld
,Nsob,N1,Bnom,Bekv,Bh2,En:real;
    { Private declarations }
  public
    { Public declarations }
  end;

var
  Form1: TForm1;

implementation

{$R *.dfm}

procedure TForm1.Button1Click(Sender: TObject);
begin
E:=strtofloat(Edit1.Text);
D:=strtofloat(Edit2.Text);
SNvyh:=strtofloat(Edit3.Text);
F:=strtofloat(Edit4.Text);
f1:=strtofloat(Edit5.Text);
G:=strtofloat(Edit6.Text);
```

```
l:=strtofloat(Edit7.Text);
epr:=strtofloat(Edit8.Text);
Wf:=strtofloat(Edit9.Text);
adf:=strtofloat(Edit10.Text);
al:=strtofloat(Edit11.Text);
Pnom:=strtofloat(Edit12.Text);
h2:=strtofloat(Edit13.Text);
B1:=strtofloat(Edit14.Text);
B2:=strtofloat(Edit15.Text);
B3:=strtofloat(Edit16.Text);

Nvn:=E/(sqrt(D));
Edit17.Text:=floattostr(roundto(Nvn,-2));
Nvn:=E/(sqrt(D));
Edit17.Text:=floattostr(roundto(Nvn,-2));

SNvh:=(SNvyh*F)/(f1*sqrt(3));
Edit18.Text:=floattostr(roundto(SNvh,-2));

U1:=G/2.51;
Edit19.Text:=floattostr(roundto(U1,-2));

aft:=adf+al-2;
Edit20.Text:=floattostr(roundto(aft,-2));
n11:=E-0.1;
n22:=E+aft;
n:=n11*n22;
Edit21.Text:=floattostr(roundto(n,-2));

ld:=(l*sqrt(1.64*epr*Wf*n/120))/(2*3.14);
Edit22.Text:=floattostr(roundto(ld,-2));

Nsob:=U1/ld;
Edit23.Text:=floattostr(roundto(Nsob,-2));

N1:=10*(Math.log10(sqr(Nvn)+sqr(Nsob)));
Edit24.Text:=floattostr(roundto(N1,-2));

Bnom:=10*(Math.log10(1000/Pnom));
Edit25.Text:=floattostr(roundto(Bnom,-2));

Bekv:=Bnom+1;
Edit26.Text:=floattostr(roundto(Bekv,-2));
Bh2:=10*(Math.log10(10/h2));
```

```
Edit27.Text:=floattostr(roundto(Bh2,-2));

En:=N1+8+Bekv+Bh2+B1+B2+B3+1;

ld:=(l*sqrt(1.64*epr*Wf*n/120))/(2*3.14);
Edit22.Text:=floattostr(roundto(ld,-2));

Nsob:=U1/ld;
Edit23.Text:=floattostr(roundto(Nsob,-2));

N1:=10*(Math.log10(sqr(Nvn)+sqr(Nsob)));
Edit24.Text:=floattostr(roundto(N1,-2));

Bnom:=10*(Math.log10(1000/Pnom));
Edit25.Text:=floattostr(roundto(Bnom,-2));

Bekv:=Bnom+1;
Edit26.Text:=floattostr(roundto(Bekv,-2));

Bh2:=10*(Math.log10(10/h2));
Edit27.Text:=floattostr(roundto(Bh2,-2));

En:=N1+8+Bekv+Bh2+B1+B2+B3+1;
Edit28.Text:=floattostr(roundto(En,-2));
end;

end.
```

Список литературы

1. Евсеенко Г. Н. Цифровые системы передачи: Учебное пособие. — Ростов-на-Дону: РКСИ, 2009. — 100 с.
2. Маковеева М. М., Шинаков Ю. С., Системы связи с подвижными объектами: Учеб. Пособие для вузов – М.: Радио и связь, 2008 – 440 с.
3. Методика расчета трасс аналоговых и цифровых РРЛ прямой видимости, Москва, 2008 г., 243 с.
4. Мордухович Л.Г., Степанов А.П. Системы радиосвязи. Курсовое проектирование: Учеб. пособие для вузов. – М.: Радио и связь, 2006. – 192с.
5. М. А. Баркун, О. Р. Ходасевич - Цифровые системы синхронной коммутации. -М.:Эко-Трендз, 2011 г. 187 с.
6. Проектирование радиорелейных линий прямой видимости: Ингвар Хенне, Пер Торвальдсен – Берген: Nera Telecommunications, 2010 г. 153с.
7. Система сигнализации ОКС №7 – М.: Радио и связь. 2011 г. 368 с.
8. Справочник по радиорелейным системам; Международный союз электросвязи, - Бюро радиосвязи, 2006 г., Женева 354 с.
9. Телекоммуникационные системы и сети. Т1: Учеб. Пособие/ Крук Б. И., Попантонопуло В. Н., Шувалов В. П., - Изд. 2-е, испр и доп., - Новосибирск: Сиб. предприятие «Наука» РАН, 2013 г. 523 с.
10. http://motoking.meduniver.com/CCPO/85.html
11. http://rrl.newmail.ru.
12. КлочковскаяЛ.П., Гладышева Н.Н. Спутниковые и радиорелейные системы передачи. Методические указания к выполнению курсовой работы для студентов всех форм обучения специальности 050719 – Радиотехника, электроника и телекоммуникации. – Алматы: АИЭС, 2008.
13. Клочковская Л.П., Самоделкина С.В. Спутниковые и радиорелейные системы передачи. Сборник задач для бакалавров специальности 5В071900 – Радиотехника, электроника и телекоммуникации. – Алматы: АУЭС, 2011г.
14. Клочковская Л.П., Самоделкина С.В. Радиопередающие устройства. Спутниковые и радиорелейные системы передачи. Сборник задач для бакалавров специальности 050719 – Радиотехника, электроника и телекоммуникации. – Алматы: АУЭС, 2011г.
15. Голубицкая Е.А., Жигуляская Г.М. Экономика связи. – М.: Радио и связь, 2000Гончарук В.Д., Канаев Н.Я. Экономика, организация и планирование предприятий связи. М., 2004
16. Инструкции по планированию, учету и калькулированию себестоимости продукции и услуг на предприятиях, Астана, 2001
17. Положением о составе затрат на производство продукции, выполнение работ и оказание услуг, Р К, Астана, 2008
18. Бобкова О.В. Охрана труда и техника безопасности при работах с ПК. Омега-Л; 2005
19. Верховский Е.И. Пожарная безопасность на предприятиях радиоэлектроники. – М.: Высшая школа, 2009

20. Долин П.А. Основы техники безопасности в электроустановках. – М.: Энергоатомиздат, 2006
21. Беляров Ю. А., Хлопков В. В. Охрана труда в организациях связи. Практические рекомендации, М., Книжный мир; 2004
22. http://extusur.net/content/2_radiosviaz/8.1.html
23. http://www.saf-tech.ru/ustoichivost.html