

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество  
АЛМАТИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ

кафедра Системы информационной безопасности

«Допущен к защите»  
Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

(Ф.И.О., ученая степень, звание)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.  
(подпись)

ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

На тему: Разработка удаленного ретранслятора для  
передачи радио сигнала из зоны с высоким  
положением радиоволн

Специальность 5В07900 Радиотехника, электроника и телеком

Выполнил (а) Чой В.В. МРТ-148  
(Фамилия и инициалы) группа

Научный руководитель Мухоморов Ч.Р. и.ф.н. - доцент.  
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)  
Мухоморов « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.  
(подпись)

Консультанты:

по экономической части:

к.э.н., ст.преп. Жаусарова Ажарал Камбаровна  
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)  
Жаусарова « 7 » июль 2018 г.  
(подпись)

по безопасности жизнедеятельности:

сен. серв. кадр. БТИ7 Тимошенко Э.С.  
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)  
Тимошенко « 8 » 06 2018 г.  
(подпись)

по применению вычислительной техники:

доцент Куликов Д.А.  
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)  
Куликов « 8 » 06 2018 г.  
(подпись)

Нормоконтролер: доц. Зусов Т.А.  
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)  
Зусов « 8 » 06 2018 г.  
(подпись)

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

Алматы 2018 г.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество

АЛМАТЫНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ

Институт Космической инженерии и телекоммуникации  
Специальность 5В07900 Радиотехника, электроника и телеком.  
Кафедра Систем информационной безопасности

ЗАДАНИЕ

на выполнение дипломного проекта

Студент Цой Константин Владимирович  
(фамилия, имя, отчество)

Тема проекта Разработка узкополосного ретранслятора для передачи радио сигнала из зоны с высоким поглощением радиоволн

Утверждена приказом ректора № 155 от «23» 10 20 17 г.

Срок сдачи законченной работы «25» 05 20 18 г.

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

Техническая метрическая в области АЧУ и ЦРРЛ, так же РРЛ. Основные технические характеристики диапазон частот, МГц - 7,125 - 7,725, вариант трассы Е1, координаты систем ИТ дБ, Мощность передатчика 28 дБм. Трасса Талдыкурган - Жердунак. Талдыкурган - Айтауджан - Сарысузек - Жердунак.

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

Разработана трасса ЦРРЛ от Талдыкургана до Жердунака. А так же представлены расчеты энергетической, экономической и безопасности деятельности.




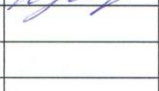
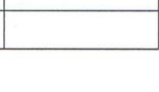
Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)

- Рис. 1.1 - структура радиорелейного аппарата
- Рис 1.2 - схема радиорелейной секции
- Рис 1.3 - Схема построения РРА
- Рис 4.1 - частотный план
- Рис 4.4 - карта радиорелейной линии связи

Рекомендуемая основная литература

Косовская Л.П., Самоделкина С.В. радиопередающие устройства, спутниковые и радиорелейные системы передачи.  
 Проектирование радиорелейных линий прямой видимости: Инвар Уланов, Мер Торвальдсен - Берген

Консультанты по проекту с указанием относящихся к ним разделов

Раздел	Консультант	Сроки	Подпись
	Байдульменов Ч.	25.04 - 7.06.18	
Экология	Мухоморова А.А.	25.04 - 7.06.18	
БЖД	Антощенко Л.И.	25.04 - 8.06.18	
Нормоконтроль	Урусова Т.А.	8.06.2018	
Привлечение вышестоящих	Думинев А.А.	2.06.2018	

Г Р А Ф И К  
подготовки дипломного проекта

№ п/п	Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления руководителю	Примечание
	Статистика радиомобильной с.	25.04.2018	
	Выбор оборудования	27.04.2018	
	Расчет РРЛ	29.04.2018-5.05.18	
	Бизнес План	7.06.2018	
	Безопасность жизнедеятельности	8.06.2018	

Дата выдачи задания « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
(подпись) (Фамилия и инициалы)

Руководитель \_\_\_\_\_  
(подпись) (Фамилия и инициалы)

Задание принял к исполнению студент \_\_\_\_\_  
(подпись) (Фамилия и инициалы)

## **Андатпа**

Бұл дипломдық жұмыста байланыстың радиорелелік сызығының ұйымының мүмкіндігі Талдықорған - Кербулак. Байланыстың радиорелелік сызығының ұйымының әдістері, РРЛ бекетінің үлгілері ұсын. Да жиіліктің таратушылықның 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 өткінің үш профильсы, мезгілдіктің параметрлерінің, жаса трассаның шамасының тексерісі. Экономикалық бөлікте жобаның бизнес-план келтір. Басқа ана тіршілік әрекетінің қауіпсіздігінің сұрақтары.

## **Аннотация**

В данной дипломной работе рассмотрена возможность организации радиорелейной линии связи Талдықорған – Кербулак. 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.

## **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 .....	10
1.1 Принципы организации радиорелейной связи.....	11
1.2 Построение радиорелейной линии связи.....	12
1.3 Типы станций.....	12
1.4. Планы распределения частот .....	12
2 Требования, предъявляемые при выборе трассы РРЛ .....	12
2.1. Классификация интервалов радиорелейных линий .....	13
2.2 Рекомендации по выбору рабочих частот .....	26
2.3 Обоснование выбора мест расположения станций РРЛ и оборудования для радиорелейной трассы Талдыкорган – Кербулак .....	28
3 Выбор оборудования.....	14
3.1 Правила размещения оборудования.....	14
3.2 Выбор фирмы производителя .....	15
4 Расчет радиорелейной линии Талдыкорган – Кербулак .....	16
4.1 Выбор оптимальной трассы и мест расположения станций РРЛ .....	17
4.2 Частотный план и выбор поляризации на интервалах .....	18
4.3 Исходные данные для расчета пролетов радиорелейной линии Талдыкорган – Кербулак .....	19
4.4 Расчет профиля пролета Талдыкорган- Айнабулак.....	21
4.5 Расчет пролета Айнабулак - Сарыозек .....	32
4.6 Расчет пролета Сарыозек - Кербулак .....	35
5 Бизнес-план .....	37
5.1 Резюме .....	37
5.2 Компания и отрасль .....	37
5.3 Описание услуги.....	37
5.4 Анализ рынка сбыта.....	38
5.5 Менеджмент.....	39
5.6 Маркетинг .....	39
5.7 Финансовый план .....	45
6 Безопасность жизнедеятельности.....	45
6.1 Анализ условий труда.....	45
6.2 Выбор огнетушителей, расчет их количества, установка пожарных извещателей .....	46
6.3 Расчет системы искусственного освещения.....	47
Заключение .....	51
Приложение листинг программы ProfEdit.....	52
Список литературы ..	54

## 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 применять 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. Поэтому совсем не случайно радиорелейная связь уже в течение длительного времени считается наиболее экономически выгодной как по цене, по скорости развертывания и срокам окупаемости. Так как очень быстро разворачивается и устанавливается антенны просто. Данную систему можно использовать, когда происходят форс-мажорные обстоятельства. А так же есть вариант пустить беспроводную связь в те места куда сложно (высокогорье). Данная ситуация очень хорошо вписывается для нашего региона. А еще есть такие жирные плюсы как высокая скорость передач и само собой пропускная способность (155 Мбит/с и более). Грани частот 3,4-11,7 ГГц.

ЦРРЛ допускают передачу пару сотен тысяч многих видов сигналов. Если рассматривать уровень качества отправки не уступает схожим методам связи (ВОЛС, спутниковые линии связи). Этот . 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 больших цифровых сетей в больших городах и промышленных зонах, где прокладка новых кабелей слишком дорога или невозможна.

Данный диплом посвящен организации радиорелейной линии связи на участке Алматинской области Талдыкорган – Кербулак 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

В данной работе будем рассматривать принцип организации связи при помощи радиорелейных систем передач. На двух концах будет установлен комплект оборудования для организации связи, который, как правило, включает в себя внутренний блок, внешний блок, а так же излучающая параболическая антенна. Внутренний блок обычно крепится на аппаратном уровне. Внутренний блок отвечает за такие задачи как: переключение задач, мультиплексирование нескольких сигналов в сигнале до промежуточной частотной модуляцией, переход в режим ожидания, когда отвечает на проектных РРЛ. У внутреннего модуля есть функция обслуживать от одного до нескольких наборов внешних устройств. Интерфейсный модуль служит преобразователем. Он передает то, что получил от внутреннего блока на основной частоте от сигнала промежуточной частоты в пределах от 8 до 38 ГГц. Это его основная функция. Как правило, внутренние и внешние устройства, подключаются коаксиальным кабелем. После того как параболическая антенна начнет излучать модуляцию сигнала в внешнего сигнала. На том же комплекте оборудования, на противоположенной стороне можно скорректировать. На рисунке 1.1 можно лицезреть комплект оборудования.

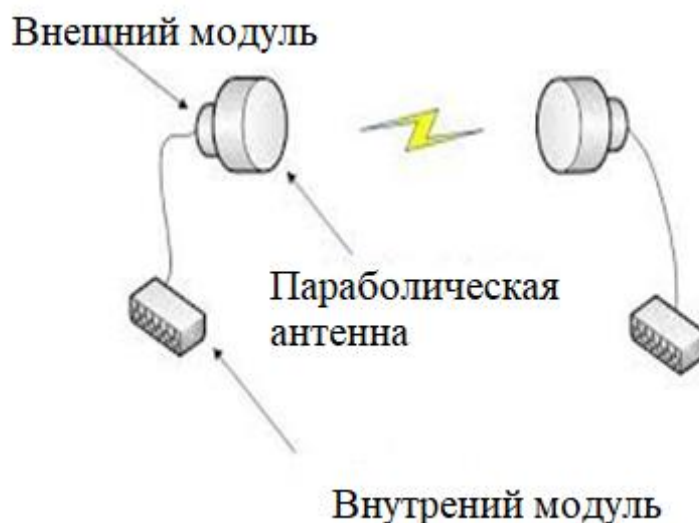


Рисунок 1.1 – Структура радиорелейного пролета

Как правило, что бы настроить РРЛС нужно, что бы между обеими антеннами была прямая видимость. А так же процесс установки аппарата называют «выравниванием». Если уровень принимаемого сигнала будет



высок, то более устойчив будет сигнал к метеоусловиям диапазона. Более того на пропускную способность может повлиять уровень сигнала.

В современных РРЛ, как правило, экстрим спектр 50 км. Вы можете противостоять негативным метеоусловиям условиям благодаря кодированию помехоустойчивости и цифровому пути передачи. Но что бы это было верным, нужно, что бы между антеннами не было никаких препятствий. А также он должен, использован как можно на минимальной частоте и максимальном диаметре тарелки.

В данное время на рынке в нише телекоммуникационного оборудования очень много разных не похожих друг на друга поставщиков. Как правило, в основном они различаются по объему поставки и цены оборудования. Уже есть такие РРЛ, которые позволяют вам передавать до 500 Мбит/секунду, а также они поддерживают транспортные потоки как, 2xSTM-1 – быстрый и Gigabit Ethernet. Как всем известно, чем лучше оборудование, тем оно дороже, это относится и к данному случаю. Такое дорогое оборудование обычно устанавливается на РРЛС. Емкость составляет 16 и 64 E1 потоков.

Не смотря на то, что в радиорелейных линиях связи учтены помехоустойчивость кодирования, а также резервирования они уступают по надежности кабельным линиям связи. Однако по сравнению с кабельными линиями связи к радиорелейным линиям связи высокая скорость реализации и низкая стоимость. Благодаря таким преимуществам будущее за РРЛ. В наше время линия визирования для радиорелейных станций используется 1- ватт и длится, как правило, даже до 0,5 Вт. В промежуточные расстояния должно быть 40 часов и 60 км высота мачты 50 часов 100 м. Коэффициент усиления 46 дБ. Усиление 30 дБ имеют обычно UHF антенны. Магистральная РРЛ в большой емкости имеет, как правило, две частоты схема, как всем известно, антенна нуждается в защитном эффекте не меньше 70 дБ, используется 65 часов.

Для того что бы ни было перекрестных помех между приемной и передающих антенн, принимать а также передавать поле антенна должна взаимно перпендикулярно. Что бы это можно было воспроизвести, нужно во первых диаграмма направленности антенны должна быть асимметричный во вторых линия питания и корма антенны должны быть сделаны так, что они смогут как принимать так и отправлять волны с различной парализацией одновременно.

При очень сильных порывах ветра упругая деформация антенны не должна превышать допустимую величину. А для этого нужно, что бы конструкция антенны должна быть жесткой. А также атмосферные осадки ни в коем случае не должны попадать в тракт питания антенны. Если осадки

попадут в тракт, то произойдет увеличение затухания, а так же к рассогласованию. А так же у антенны должна быть возможность поворота в не больших пределах. Это делается для того, что бы с точной установки направления максимального излучения на корреспондента.

## 1.2 Построение радиорелейной линии связи

На три секции разделена любая радиорелейная линия. Любая радиорелейная линия разделена на секции. Секция представляет собой комбинацию элементов, образующих коммутируемую секцию (см. рисунок 1.2). Это радиорелейный раздел станций (Repeater с ввода/вывода) на обоих концах и без ретранслятора между ними или между ними ретранслятор. С помощью раздела функции переключения на резерв. Раздел используется для передачи трафика данных. Секции могут быть связаны друг с другом для сетей больших размеров. В разделе также канал для передачи служебной информации, предназначенный для выполнения операций контроля и управления. Деление на секции необходимо для поучасткового резервирования и обеспечения более надежной работы линии связи [1].

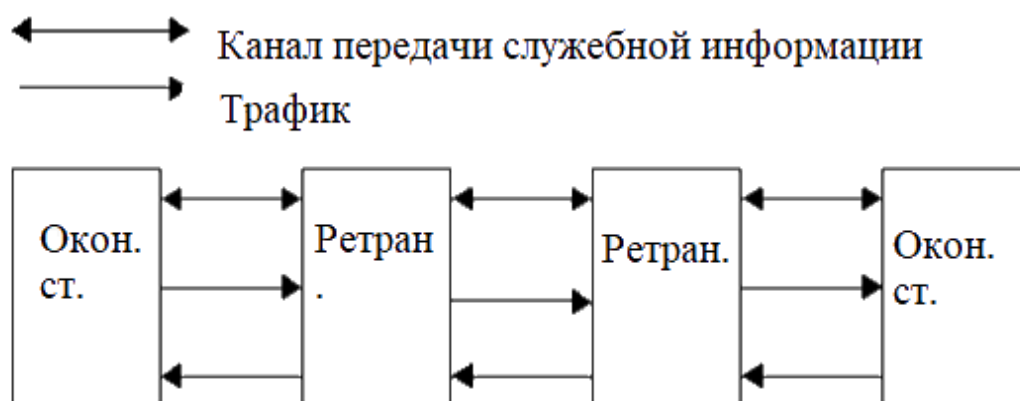


Рисунок 1.2 – схема радиорелейной секции

Если рассматривать оборудование, которое применяется на станциях, оно относится к одному из трех типов. Они называются оконечными станциями (терминалы), ретрансляторы с вводом/выводом (дубль – терминал), ретрансляторы просто (репитеры). Если рассматривать промежуточную станцию, то у нее нет возможности резервного копирования. Такая станция называется – усилитель. Резервное копирование данных происходит в магистральных радиорелейных линиях связи, а в Зоновых линиях связи можно обойтись и без этого. Для резервного копирования данных предусмотрена функция автоматического сохранения. Критерий такого копирования появления шума или ошибки принимающего сигнала.

Резервирование происходит для таких случаев как неисправность оборудования основного ствола или, как правило при селективных замираниях.

### **1.3 Типы станций**

Основные типы РРС:

- 1) Оконечная (ОРС);
- 2) Узловая (УРС);
- 3) Промежуточная (ПРС).

Радиопередатчики и радиоприемники всегда устанавливаются на ОРС и УРС. А так же есть такое понятие «модем» - это конструктивно объединённые ОРС и УРС. 250 км это рекомендованное расстояние для нашей страны.

Транзит по ПЧ – это когда на УРС происходит ветвление радиосигналов трансляции ТВ. Выбрать оперативно ту или иную программу помогают специальные коммутаторы для ZF – сигналы в трансляции ТВ, на большой УРС. Там где несколько РРЛ. Устанавливают модуляторы на УРС где нужно создать новые ТВ – программу. В нашей стране специалисты рекомендуют 2500 км, между такими УРС.

Рассмотрим такие понятия как радиорелейный пролет и радиорелейный участок. Радиорелейный пролет – это часть радиорелейной линии связи, аппаратуру и среду распространения сигнала. Радиорелейный пролет – это такая часть радиорелейной линии связи, ограниченная двумя крайними радиорелейными станциями.

Более 100 дБ разница между уровнями на входе и выходе. Что бы ни было самовозбуждения ПРС (УРС) передает их на разных частотах  $f_1$  и  $f_2$ . Частотный сдвиг можно узнать благодаря формуле  $f_{сдв} = (f_a - f_1)$ . В общем на магистральных РРЛ  $f_{сдв} = 266$  МГц.

### **1.4 Планы распределения частот**

Как известно для работ РРЛ выделили полосу пропускания ширина 400 МГц диапазоне 12 (от 1,7 до 2,1 ГГц), 500 МГц частот 4 (3,4... 3,9), 6 (5,67...6,17) и 8 (7,9... 8,4) ГГц и шириной 1 ГГц диапазоны частот 11 и 13 ГГц радиочастоты. Данные полосы распределить между колен НФ, а системы СВЧ распределяют по определённым планам (план распределения частот). Что бы ни было помех между племенами, специалисты делают расчёты.

В полосе 400 МГц может быть организовано 6, в полосе 500 МГц - 8 и в 1 ГГц, 12-дуплекс-НФ-племена. В отношении частоты, как правило, дают средние частоты  $f_0$ . При этом разделение получить достаточно большую

частоту сдвига, чем достаточно 19 разделения двух сигналов приема и передачи, поскольку РФ-получение (или передачи РФ) работают только в половину общей пропускной способности системы. При этом вы можете вся антенна для приема и передачи сигналов. При необходимости вы получите дополнительные развязки между волн приема и передачи в одной антенне путем применения различной поляризации. На РРЛ использовать волн с линейной поляризацией: вертикально или горизонтально. Применяют два способа распределения поляризаций. В первом варианте на каждый ПРС и УРС, происходит изменение поляризации так, что они принимают и передают волны различной поляризацией. Во втором варианте в направлении "туда" использовать поляризации волн, и в направлении "обратно"[3].

## **2 Требования, предъявляемые при выборе трассы РРЛ**

Цена возведения планируемой радиорелейной линии, а так же будущее использования в большей степени зависит от верного выбора трассы. Исходя из этого, при назначении трассы делают значительную работу по финансовому обоснованию среднего ее направления. Для начала ведется сбор информации, описывающие экономические и ландшафтные условия местности по которой будет проходить радиорелейные линии. А так же рассматривают возможность подачи электронов по проводку для радиорелейной станции (ПРС).

Есть такие условия, которыми нельзя пренебрегать, один из таких условий это условия зигзагообразности. Это условия звучит так: нельзя ставить вышки на одной прямой линии. Данное условие дает возможность откинуть помехи от вышек, которые стоят через три – пять промежутков. А все потому, что из-за действующих правил распределения радиочастот, на каждой после третьей вышке (рис 1.3). Есть большая вероятность получения радиоволн от первой вышке. Так как их частоты совпадают.

### **2.1 Обоснование выбора мест расположения станций РРЛ и оборудования для радиорелейной трассы Талды-Курган – Кербулак .**

Для выбора расположения столбов я опирался на принцип кривой линии. А так же рассмотрел, есть ли дороги для доступа и линии, которые ведут электроны, и общее положения топографической местности. Такой процесс очень нудный и противоречивый, поиск подходящих маршрутов для РРЛ.

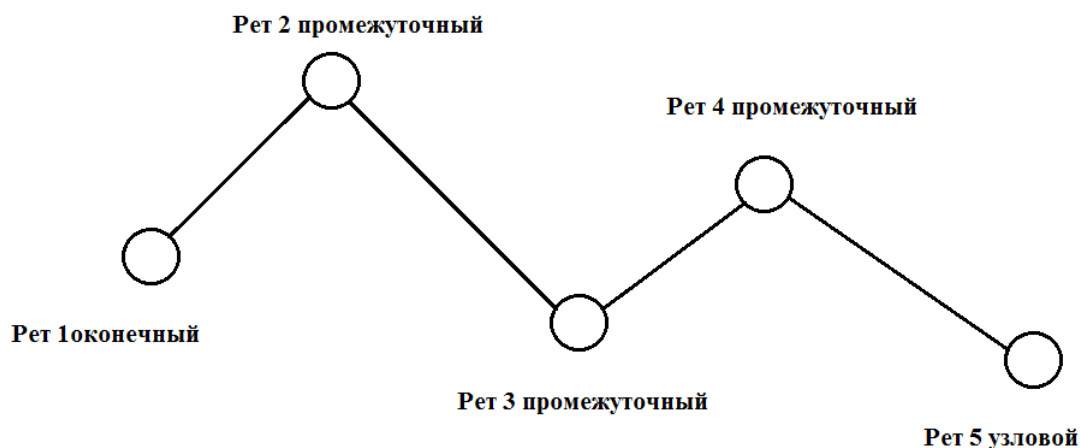


Рисунок 1.3 Схема построения РРЛ

Для расчета цифровой радиорелейной линии нужно создать профили для каждого промежутка, когда нулевая и нормальная рефракция. Это для того что бы построить часть данной местности к югу от преломления.

Рассмотрены такие штуки как переход от земли к воде и от воды к земле.

РРЛ используют в таких цифровых телекоммуникационных сетях - ведомственных, корпоративных, региональных, национальных и даже международных.

На этапе расчет умных людей, один лишь ландшафт может повлиять на такие данные как: количество, длина, расстояние и конфигурация сети. От топологии сети зависит, характер и количество переходящей информации, сема связи. Для выбора техники смотрят критерии. Сейчас перечислю критерии:

- чувствительность к температуре, чувствительность к погоде (снег, дождь, роса, град), а так же как она реагирует на ветер;
- смотрят трудно или нет делать технические работы и эксплуатация, а также гарантию.
- соблюдает оборудование TeleService. Система должна требовать: контроль всей линии, идеальные характеристики отправки информации в данном времени, понятного использования и каналов обслуживания.

А так же не стоит забывать про то. Что нужно смотреть на электромагнитное взаимопонимание. Между РРЛ и данного маршрута.

### **3 Выбор оборудования**

#### **3.1 Правила размещения оборудования**

Размещение оборудования радиорелейных систем производится по следующим принципам:

Усики на мачте и оборудования они расположены подключенного волновод. Устройства, которые обеспечивают положительное давление в волновод - герметичность антенна волновода канала (АВТ) с установкой условия осушителей доступные. Оборудование находится на земле в районе, где поддерживается необходимый микроклимат. Частота Размещение трансивер (РЧ) устройства в непосредственной близости от антенны и другого оборудования в комнате на первом этаже. Связь между модулятором и РФ коаксиального кабеля пути проходит через блок питания к передатчиков и приемников. При использовании разнесенного приема и аксессуаров на мачте возле приемной антенной, расположенной [6].

Система питания обеспечивается подключении нескольких ЦРРС источников энергии - внешний источник питания, солнечные батареи, аккумуляторы и предоставление ветроэлектрогенератор работы при отключении питания из других источников. Все блоки разделены на классы потребителей энергии в зависимости от этого будут обеспечены системой или еще одну резервную источников энергии [7].

Раньше антенны были размещены на Земле. А на данное время делают миниатюризации в области радиорелейных станций. Устанавливают сейчас такие антенны на зданиях. В наше время большая часть компаний, если есть возможность установить на крыше здания, они устанавливают. В непосредственной близости от клиента.

Когда ставишь оборудование вблизи антенны, есть свои плюсы и минусы. А плюсы бывают следующие.

Волновод не беспокоит затухание, такой который при высоких частотах до относительно большом количестве. Есть хороший пример E65 – 0,06 дБ/метр при частоте 7 ГГц, волновод достигает 100 метров. А вот если частота будет высокая, то появится затухание. Подключить коаксиальный кабель выходит значительно меньше, чем стоимость волновода. Сразу отлетает такой недостаток как герметичности волноводного тракта.

А сейчас приведу минусы.

Если вы используете микроволновое оборудование на мачте часто трудно получить доступ к нему для ввода в эксплуатацию, технического обслуживания, профилактики или ошибок, которым получаться значительно

замедлился под устранения повреждений - одно из важнейших требований для работы линий электропередачи. Максимальное - оборудование должно быть в широком диапазоне температур окружающей среды в летний период к минимуму - в сильном морозе. Следует отметить, что устройство радиосвязи находится в открытом пространстве, в котором всё дополнительно нагревается. Необходимо дополнительно защита от молнии применить к провалу КВ радиостанций в системе предотвращения. Трудно, если не невозможно увеличить число соединительных линий с одной антенной [7].

Есть такие недостатки размещения техники в близости от антенны:

- не все 100% компаний могут предложить безопасность оборудования к очень негативным температурам, таких как -50 и ниже;
- очень часто осуществляются техническое обслуживание.

### **3.2 Выбор компании изготовления**

На что нужно смотреть, когда выбираешь поставщика радиорелейного оборудования. Сейчас ниже я приведу примеры:

- нужно смотреть, что говорят передовые операторы;
- как давно они работают тяжелых климатических условий;
- есть ли у них сервисные центры;
- смогут ли они поставлять вам оборудование в ближайшие десять лет;
- не прогораете ли вы по экономической линии;
- стоимостные характеристики.

Если рассматривать отечественных производителей то, к сожалению, они не подходят к первым двум пунктам. А так же есть такие проблемы, что в большинстве случаев. Отдельные узлы сборки от иностранных сборщиков часто используют конфликты с прошлыми версиями. А опыта борьбы с ними практически нет.

Сравнительный анализ четырех производителей СВЧ-техника и выбрать наиболее оптимальный вариант (см. таблицу 3.1) после анализа требованиям нашего оборудования Микран МС-RL7 .... 15С (по параметрам по стоимости, в зависимости от наличия выполнены техническое обслуживание и ремонт на территории Республики Казахстан) [8]

## **4 Расчет радиорелейной линии Талдыкорган - Кербулак**

Сперва я выбрал путь, проходящий через точки, где будут возведены ЦРРЛ. Данные точки возведения дают нам не калившенюся, а так же не низкий уровень высокочастотных сигналов на входах приемников всех станций. Данной ЦРРЛ дали нормы, исходя из этих норм, нужно соблюдать их.

Таблица 3.1 – Сравнительный анализ радиорелейного оборудования

Параметр	МИКРАН МИК- РЛЗ...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	От STM-1 до 16 STM-1	От STM-0 до 2 STM1/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 x 64 кбит/с	3 x 64 кбит/с	4 x 64 Кбит/с	2 x 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

Старт проектирования будет выбор нормальной трассы. А также нужно понять в цифрах количества точек возведений. Если смотреть на карту и там стоят точки расположения ЦРРЛ, то это будет трасса. Выбор трассы – определение точки расположения узловых и промежуточных станций, а следовательно, определение числа интервалов линии и их протяженности при заданных оконечных пунктах РРЛ.



Есть свои правила, когда речь идет о трассе ЦРРЛ. Например старт идет от выбора точек возведения и. 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 месторасположение станций РРЛ и оптимальной трассы**

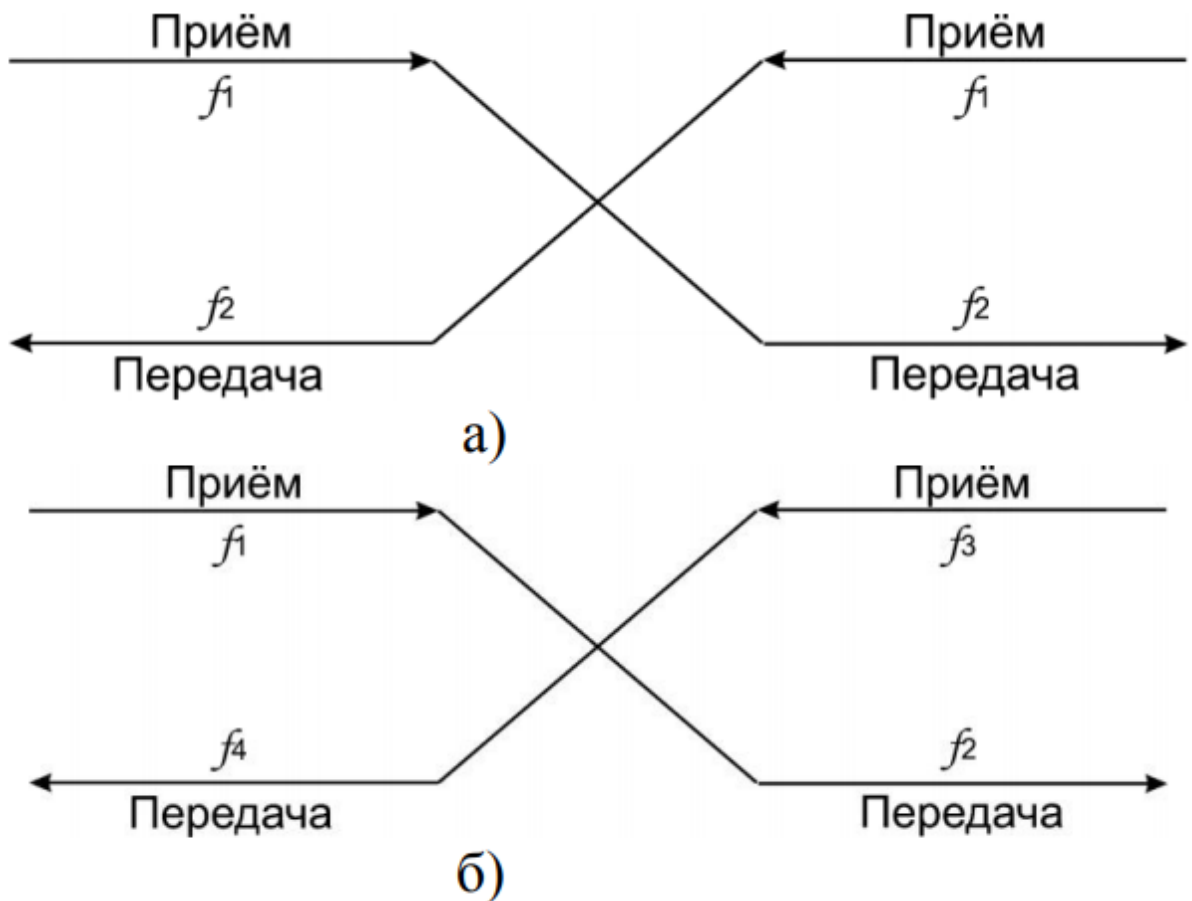
Когда выбираешь оптимальную трассу, вдоль которой будут располагаться точки возведения РРЛ. Нужно учитывать технико-экономические значения. А так же такие точки должны быть с хорошей подачей электроэнергии и подъездным путем. Точки возведения не должны располагаться на одной прямой. Их нужно выбирать зигзагообразно. Это делают, что бы ни было приема сигнала через три пролета.

Если есть шанс установить на возвышенности, то нужно возводить там. Если строить вышку на возвышенности, то опоры будут меньше и это сократит бюджет. Когда выбираешь место расположения точки для строительства радиорелейные станции. Нужно смотреть, что бы, не было неблагоприятных условий для распространений радиоволн. Лучше будет, если путь будет пролегать через пересеченные местности с лесными кусками. Нужно избегать между точками возведения: воду, горы, большие объекты (гора, здание). Когда уже выбрал точки возведения нужно соединить их на карте прямой линией и у тебя получится трасса линии связи.

#### **4.2 Частотный план и выбор поляризации на интервалах**

Есть 2-х частотные и 4-х частотные системы, а так же их называют планом. Данные системы используют, когда идет передача сигнала в ту и обратную сторону.

Если рассматривать первую систему, то она более экономична (рисунок 4.1, а) если смотреть со стороны использования полосы частот. Но такая система запрашивает антенны с хорошими защитными свойствами. От ухода и прихода сигнала с боковых и обратных сторон. А вот вторая система используется редко, но и у нее есть свои плюсы. Например, для нее можно закупать более простые и дешевые антенны. А так же такая система зачищает от своих же помех.



а) 2-х частотная система; б) 4-х частотная система

Рисунок 4.1 – Частотный план.

Для повешения уровня надежности, функционирования линии связи есть методы резервирования. Например, метод 1+1 используют, когда диапазон частот выше 10 ГГц (на один рабочий есть один резервный). Бывает так, что и тот и тот могут быть задействованы стволы. Это делают для организации разнесенного приема. Такое дело реально возвысит устойчивость работы системы связи (см. таблицу 4.1).

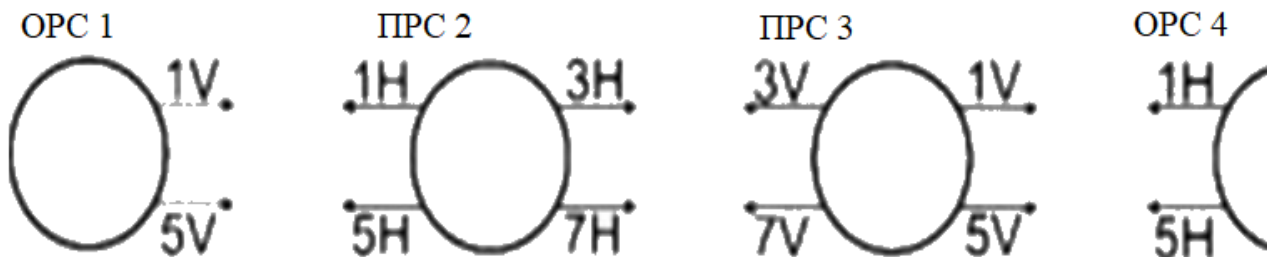


Рисунок 4.2 – Частотный план трассы РРЛ Талдыкорган – Кербулак

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

- дуплексный разнос TX – RX = 266 МГц;
- разнос между стволами TX1 –TX 2 = 28 МГц.

Таблица 4.1 – Частотный план для разнесенного приема

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

### 4.3 Исходные данные для расчета пролетов радиорелейной Талдыкорган – Айнабулак

Сделать линию радиорелейную работающую в диапазоне 7ГГц.  
Основные технические характеристики аппаратуры.

Основные тех. характеристики	
Диапазон частот, ГГц	7,125-7,725
Вариант трафика	E1
Коэффициент системы, дБ	117
Мощность передатчика, дБм	28

Трасса Талдыкорган – Айнабулак – Сарыозек – Кербулак включает в себя три пролета. 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.

В таблице 4.3 можно увидеть исходные данные для расчета.

Таблица 4.3 - исходные данные.

Пролёты	Отметки земли $H_i/R_i$ , м/км				
	1	2	3	4	5
Талдыкорган – Айнабулак	684/0	690/10	695/20	685/30	705/40
Айнабулак – Сарыозек	705/0	710/10	710/15	730/20	710/30
Сарыозек – Кербулак	710/0	730/15	720/25	720/30	730/35

Точки отстоя РРЛ – одна из предгорных полос РК.

Среднее и стандартное отклонение не горизонтального градиента проницаемости:  $g = -7 * 10^8$  (м),  $\sigma = 9 * 10^8$  (м).

Далее рассчитаю коэффициент усиления антенны:

$$G = 10 \log \left( \frac{10 * g * D^2}{\lambda^2} \right) = 10 \lg \frac{10 * 0,6 * 0,36}{0,042} = 12234,5 \text{ (30,87 дБ)},$$

Где коэффициент поверхности антенны  $g = 0,6$ ;  $D$  – диаметр антенны

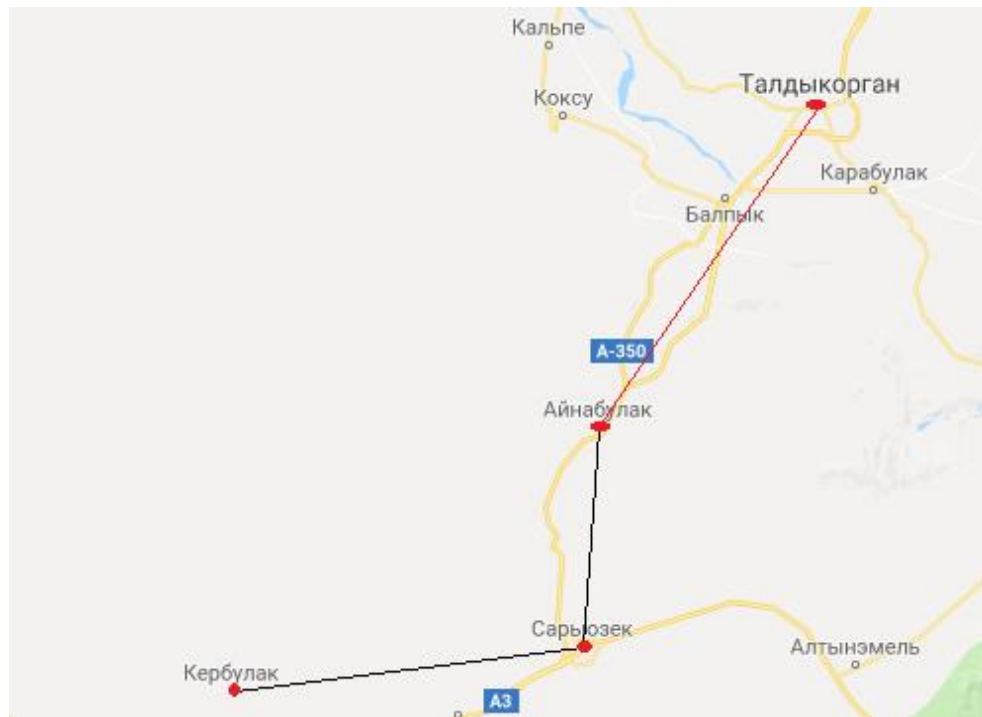


Рисунок 4.4 – Карта радиорелейной линии связи Талдыкорган – Айнабулак – Сарыюзек – Кербулак

#### 4.4 Расчет профиля пролета Талдыкорган – Айнабулак

##### 4.4.1 Построение продольного профиля пролета

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 37 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 самым высоким 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].

$$X_{\text{макс}} = 1,96 * 10^2 * R_0^2 - \text{Данная формула для расчета условного горизонта (4.1)}$$

Где  $R_0$  – длина пролета РРЛ, в км

$$X_{\text{макс}} = 1,96 * 10^2 * 40^2 = 31 \text{ м}$$

Для нахождения профилей пролета взял программу ProfEldit

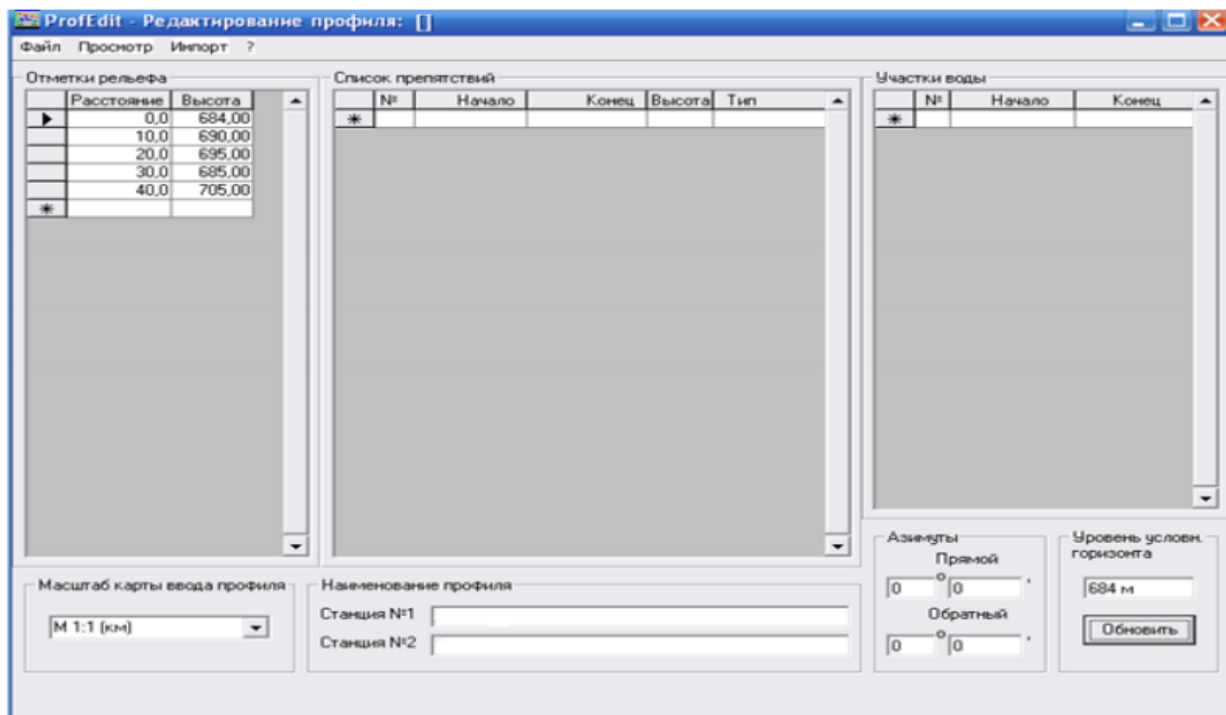


Рисунок 4.5 – Фото программы ProfEldit для пролета Талдыкорган - Айнабулак

#### 4.4.2 Выбор оптимальных высот подвеса антенн

Так как есть неравномерность не горизонтального градиента диэлектрической проницаемости атмосферы, радиолуч получает искривление. Это ухудшает радиосвязь.

А так же мне нужно определить наименьший радиус зоны Френеля. Для этого мне поможет формула:

$$H_0 = \sqrt{\frac{1 * R_0 * \lambda * k * (1 - k)}{3}},$$

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

$k = \frac{R(H_{\text{макс}})}{R_0}$  – примерная длина до помехи. В нашем моменте  $k = 0,5$

$$H_0 = \sqrt{\frac{1}{3} * 40000 * 0,042 * 0,5 * (1 - 0,5)} = 13 \text{ м.}$$

Что бы рассчитать среднее значение изменения просвета за счет рефракции. Буду считать по формуле

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

Если линия пролета менее 50 км, то стандартное отклонение должно считаться по формуле

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

У – находится по рисунку 4.6

Когда нет рефракции, просвет можно посчитать по формуле (при g=0).

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

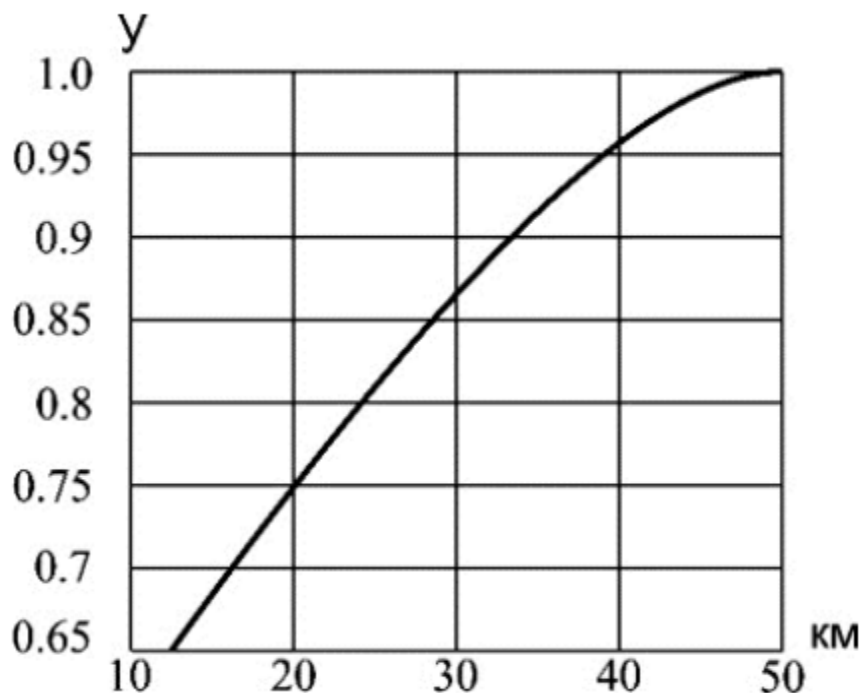


Рисунок 4.6 – К определению параметра у

В моем случае  $g = -7 * 10^{-8} \text{ м}^{-1}$  и  $\sigma = 9 * 10^{-8} \text{ м}^{-1}$

$$k = \frac{20}{40} = 0,5$$

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

$$\begin{aligned} \Delta H(g + \sigma_{R_0}) &= -\frac{(40 * 10^3)^2}{4} * (-7 * 10^{-8} + 9,9 * 10^{-8}) * 0,5 * (1 - 0,5) \\ &= -2,9 \text{ м.} \end{aligned}$$

$$H(0) = 10 = 1.8 + 2.9 = 14.68$$

Что бы понять на какую высоту закрепить антенну посмотреть нужно на рисунок 4.7. Сперва где критическая точка профиля откладываем расстояние  $H(0)$  и сквозь нее проведем луч, соединяющую антенну.

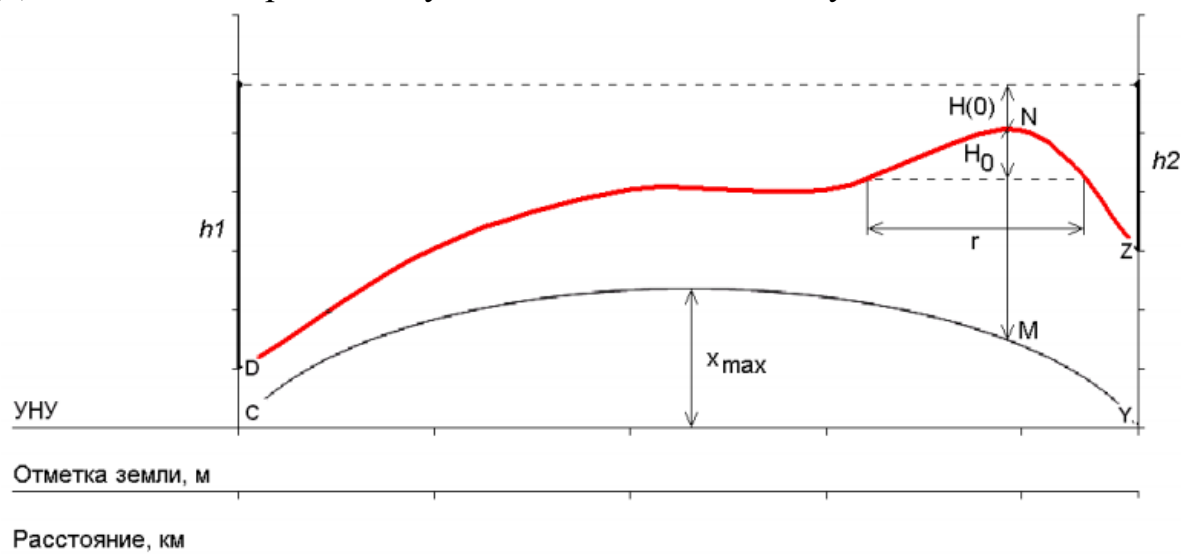


Рисунок 4.7 – Профиль пролета РРЛ

Если разница между УНУ и максимальной точки Земли, то высоту крепления можно будет рассчитать по формуле

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

$$h_1 = x_{\max} + H(0) + MN - YZ \quad (4.6)$$

Где  $MN$  – максимальная высота профиля относительно УНУ;

$CD, YZ$  – Высота профиля на старте и на финише тракта в зависимости от типа антенн.

$$h_1 = 31,4 + 14,68 + 695 - 684 = 56 \text{ м,}$$

$$h_2 = 31,4 + 14,68 + 695 - 705 = 35 \text{ м.}$$

#### 4.4.3 Расчет запаса на замирание

Данный пункт будем считать по формуле

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

где  $S_G$  – Системный коэффициент, дБ;

$G_{\text{ПРД}} = G_{\text{ПРМ}}$  – усиливающий коэффициент передачи и прием, антенн, дБ;

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

$L_0$  – затухание радиоволн в свободном пространстве, дБ



$$L_0 = 20[\lg(f) + \lg(d)] + 32,45, \quad (4.8)$$

где  $f$  – частота передачи, МГц;

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

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

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

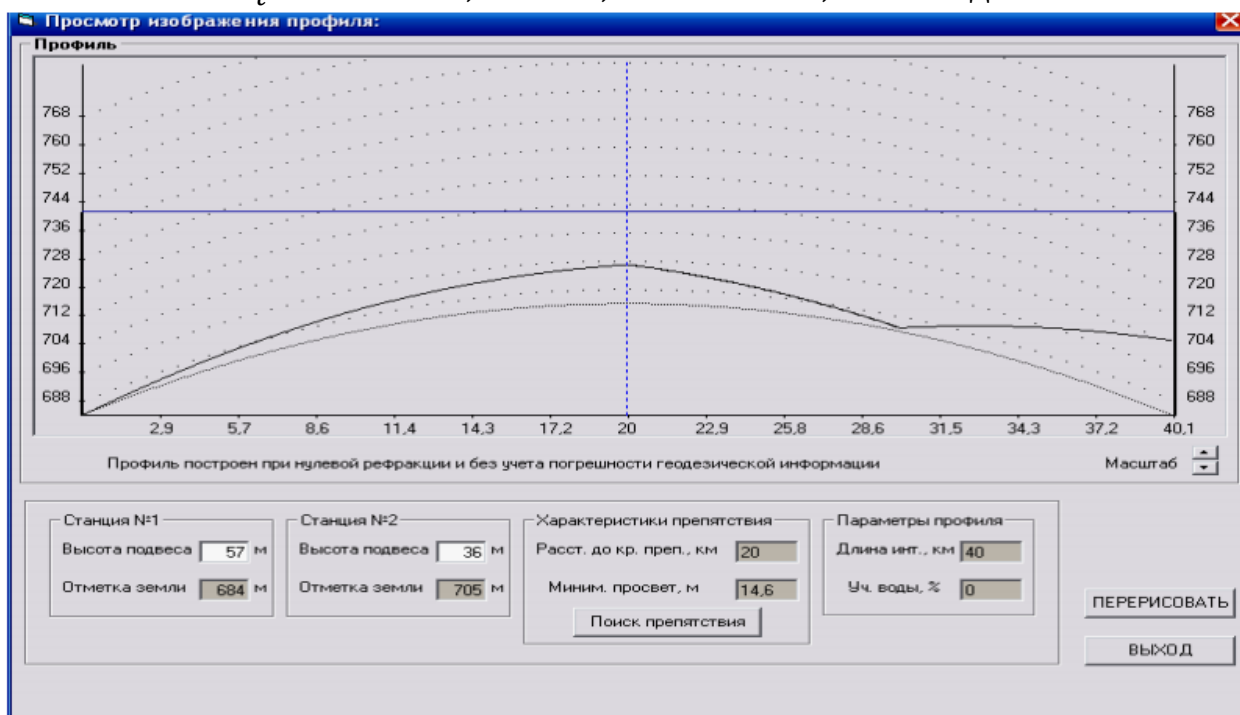


Рисунок 4.8 – Профиль пролета РРЛ Талдыкорган – Айнабулак

#### 4.4.4 Расчет времени ухудшения связи из-за дождя

Капля и ее размер, а так же от их количества. Влияют на радиоизлучение. Чем выше частота, тем сильнее влияние. Когда считаешь время ослабления нужно брать в обзор климатическую зону. В течение 0,01% времени.

Республика казахов присуща зона Е. Зона Е интенсивность осадков  $R_{0,001} = 22$  мм/час. Всего в СНГ 16 зон.

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

$$d_3 = r * R_0,$$

Где  $R_0$  – Длина пролета, км;

$$r = \frac{1}{1+R_0/d_0} - \text{Коэффициент уменьшения};$$

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

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

$$d_3 = 0,386 * 40 = 15,4$$

От поляризации волны зависит удельное затухание в дожде

$$\gamma = k * R_{0,01}^\alpha \quad (4.10)$$

определяется для горизонтальной и вертикальной поляризации и выбирается наименьшее из них

$$\gamma_H = k_H * R_{0,01}^{\alpha_H}, \quad (4.11, \text{ а})$$

$$\gamma_V = k_V * R_{0,01}^{\alpha_V}, \quad (4.11, \text{ б})$$

где  $k_i, k_v, \alpha_i, \alpha_v$  - коэффициенты регрессии.

Таблица 4.3 - Коэффициенты регрессии для оценки затухания

Частота ГГц	Горизонтальная поляризация		Вертикальная поляризация	
	$k_i$	$\alpha_i$	$k_V$	$\alpha_i$
7	0,00301	1,332	0,00265	1,312
8	0,00454	1,327	0,00395	1,31

Понижение на пути, больше 0,01 времени, считается по формуле

$$A_{0,01} = \gamma * d_3. \quad (4.12)$$

Время, когда запас на замирание меньше чем ослабление сигнала

$$T_g = 10^{11,628 \left[ -0,546 + \sqrt{0,29812 + 0,172 * \lg \left( 0,12 * \frac{A_{0,01}}{F_t} \right)} \right]}, \quad (2,13)$$

при  $A_{0,01}/F_t < 0,155$  принимаем  $\frac{A_{0,01}}{F_t} = 0,155$ .

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

$$\gamma_{\Gamma} = 0,00301 * 22^{1,323} = 0,17 \frac{\text{дБ}}{\text{км}};$$

$$\gamma_V = 0,00265 * 22^{1,312} = 0,15 \frac{\text{дБ}}{\text{км}}.$$

Из расчётов видно, что меньшее удельное затухание не горизонтальная поляризация:  $\gamma_V = 0,15$

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

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

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].

На пролете значение среднее значение

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

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

Относительный просвет

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

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

Относительная длина препятствия

$$l = \frac{r}{R_0}. \quad (4.16)$$

Параметр  $\mu$ , характеризующий аппроксимирующую среду

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

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

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

где  $V_0$  – множитель ослабления при  $H(0)=0$ , определимый из рисунка 4.9 по значению  $\mu$ .

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

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

Параметр  $\psi$  определяется по формуле

$$\psi = 2,31 * A * [p(g) - p(g_0)], \quad (4.20)$$

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

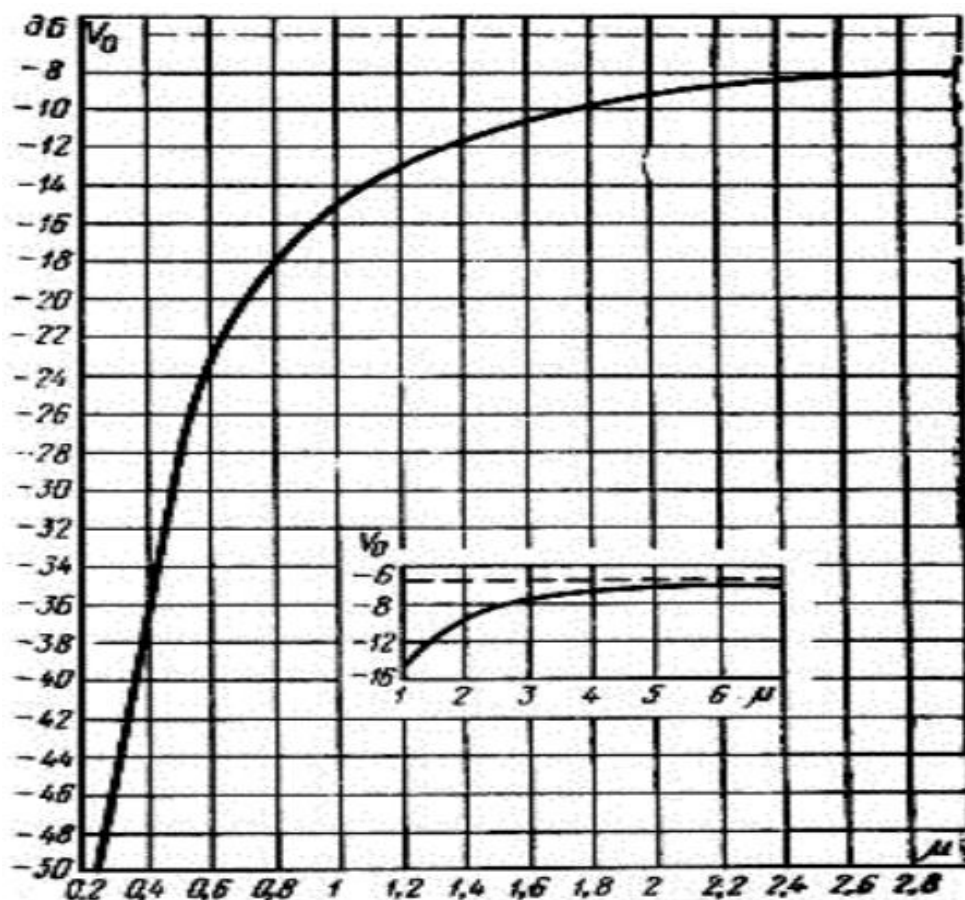


Рисунок 4.9 – Зависимость множителя ослабления от аппроксимирующего параметра  $\mu$

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

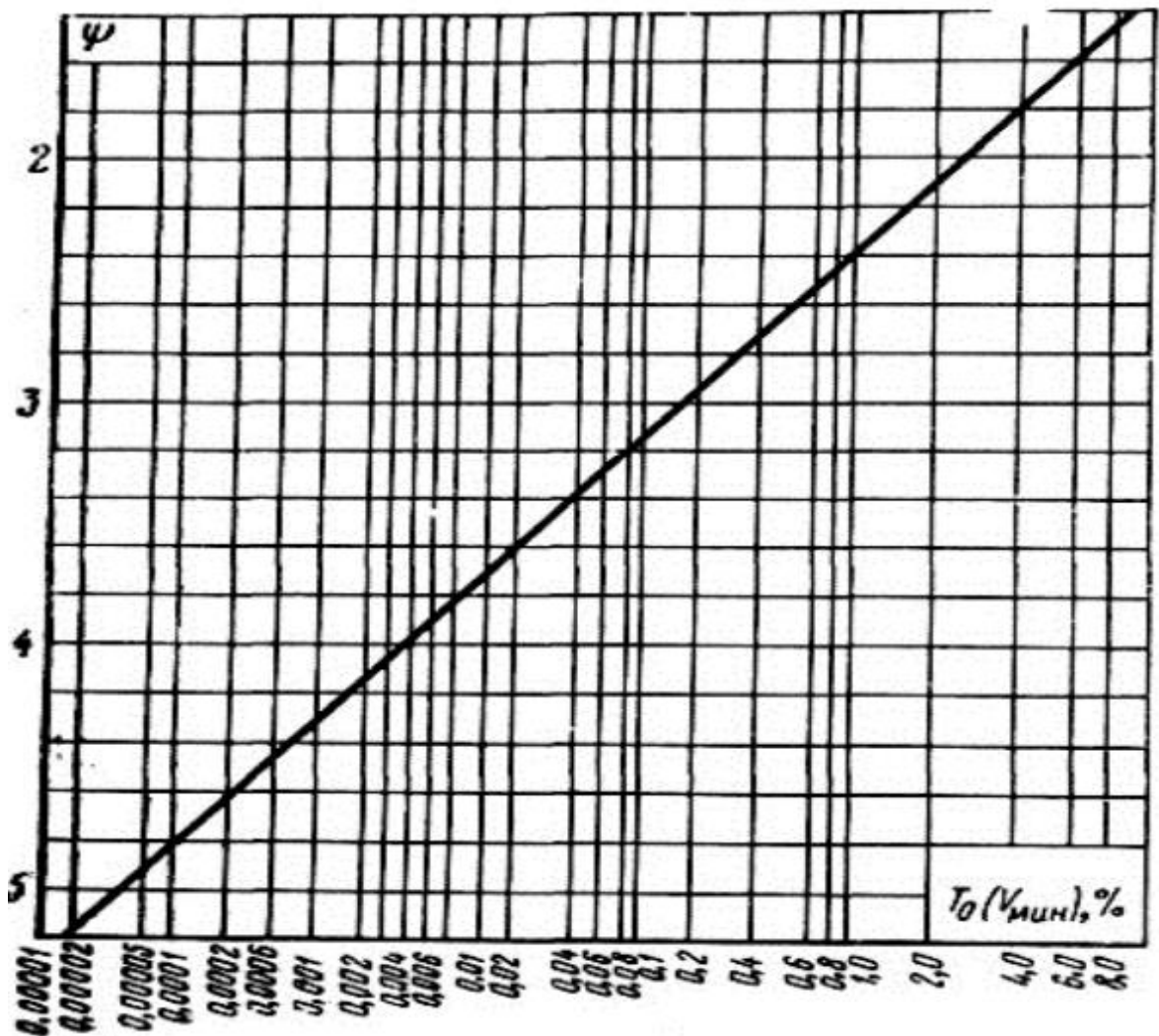


Рисунок 4.10 – К расчету времени ухудшения связи, вызванного субрефракцией радиоволн

Посчитаем толстоту помехи  $r = 14,6$  км.

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

Берем  $\alpha = 1$ , тогда

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

$$V_{min} = -\frac{30,2}{2} = -15,1 \text{ дБ},$$

$$V_0 = -10,5 \text{ дБ},$$

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

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

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

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

Когда у тебя  $T_0(V_{min}) \geq 0,0003\%$ , значит нужно делать оптимизацию высоты крепления антенны.

#### 4.4.6 Проверка норм на неготовность

ГЭЦТ – это гипотетический эталонный цифровой тракт. В рекомендации 557МСЭ-R, есть условия неготовности. Когда за 10 секунд не выполнены условия, перечисленные ниже, ГЭЦТ будет считаться неготовой.

1. Передача цифрового сигнала прервана;
2. В каждой секунде BER хуже  $10^{-3}$ .

Неготовность аппаратуры уплотнения исключается. На два пункта делят характеристики неготовности. Первое это неготовность оборудования. Второе просто неготовность. Эти характеристики вызваны распространением радиоволн. К примеру, неготовность вызванная дождем и она составляет от 30% до 50%.

Если ГЭЦТ протяженность составляет две тысячи пятьсот км, то она определяется величиной 99,7%. Такие проценты определяются за большой срок, такой срок будет больше года.

Норма на неготовность

$$UR_{доп} = \frac{0,3 * R_0}{2500} > T_0 + T_g, \quad (4.21)$$

где  $R_0$  – длина пролета, км;

2500 – длина эталонной гипотетической линии.

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

$$UR_{доп} = \frac{0,3 * 40}{2500} = 0,0048\%$$

$$0,0048 > 0,003$$

Исходя из расчетов выше, условие (4.21) полностью выполняется.

Оптимальные высоты (указаны в метрах):  $h_1 = 72, h_2 = 51$ . Опоры будут трубчатые, у которых основание 2,5 м. Которые могут быть 6,5 м и 11 м. Исходя из данных 6 штук по 11 м и 1 штука 6.5 м, это для первой. А для второй четыре штуки по одиннадцать и одна по шесть с половиной.

#### 4.4.7 Расчет времени ухудшения радиосвязи из-за многолучевого распространения

Есть четыре механизма замирания:

- расширения луча;
- развязка в антенне;
- поверхностное многолучевое распространение;
- атмосферное многолучевое распространение.

Их нужно учитывать, когда моделируешь радиолинию больше нескольких километров. Они могут всплывать как сами по себе, так и в комбинации с другими. 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 превышает уровень принимаемого сигнала в средний худший месяц, может быть определен с помощью следующего приближенного асимптотического выражения

$$T_{\text{инт}} = K * Q * f^B * d^C * 10^{-\frac{A}{10}}, \quad (4.22)$$

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

$$K = P_L^{1,5} * 10^{(-6,5 - C_{LAT} - C_{LON})}, \quad (4.23)$$

где  $P_L = 5\% = 0,05$  – процент времени с вертикальным градиентом рефракции;

$C_{LAT} = C_{LON} = 0$  для РК.

Коэффициент, учитывающий другие параметры трассы

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

где  $|E_D| = \frac{h_1 - h_2}{R_0}$  – наклон радиотрассы, мрад.

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

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

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

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

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

$$SES = \frac{0,054 * R_0}{2500} > T_{\text{инт}}. \quad (4.25)$$

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

Условие учтено.

#### 4.5 Расчет пролета Айнабулак – Сарыозек

Линия условного горизонта

$$x_{\text{макс}} = 1,96 * 10^{-2} = 17,64 \text{ м.}$$

Рассчитаем минимальный радиус зоны Френеля.

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

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

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

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

$$\begin{aligned} \Delta H(g + \sigma_{R_0}) &= -\frac{(30 * 10^3)^2}{4} * (-7 * 10^{-8} + 11 * 10^{-8}) * 0,66 * (0,34) \\ &= -2,43 \text{ м.} \end{aligned}$$

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

$$H(0) = 9,8 + 2,43 = 12,43$$

Высоты подвеса антенн определим из (4.6).

$$h_1 = 17,64 + 12,23 + 730 - 705 = 55 \text{ м,}$$

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



Построим профиль пролета РРЛ Айнабулак – Сарыюзек на рисунках 4.11, 4.12.

Затухание радиоволн в свободном пространстве

$$L_0 = 20[\lg(7,447 * 10^3) + \lg(30)] + 32,45 = 139,25 \text{ дБ.}$$

Коэффициент усиления антенны

$$G = 10 \log \left( \frac{10 * 0,6 * 0,6^2}{0,04^2} \right) = 1350 \text{ (31,1 дБ).}$$

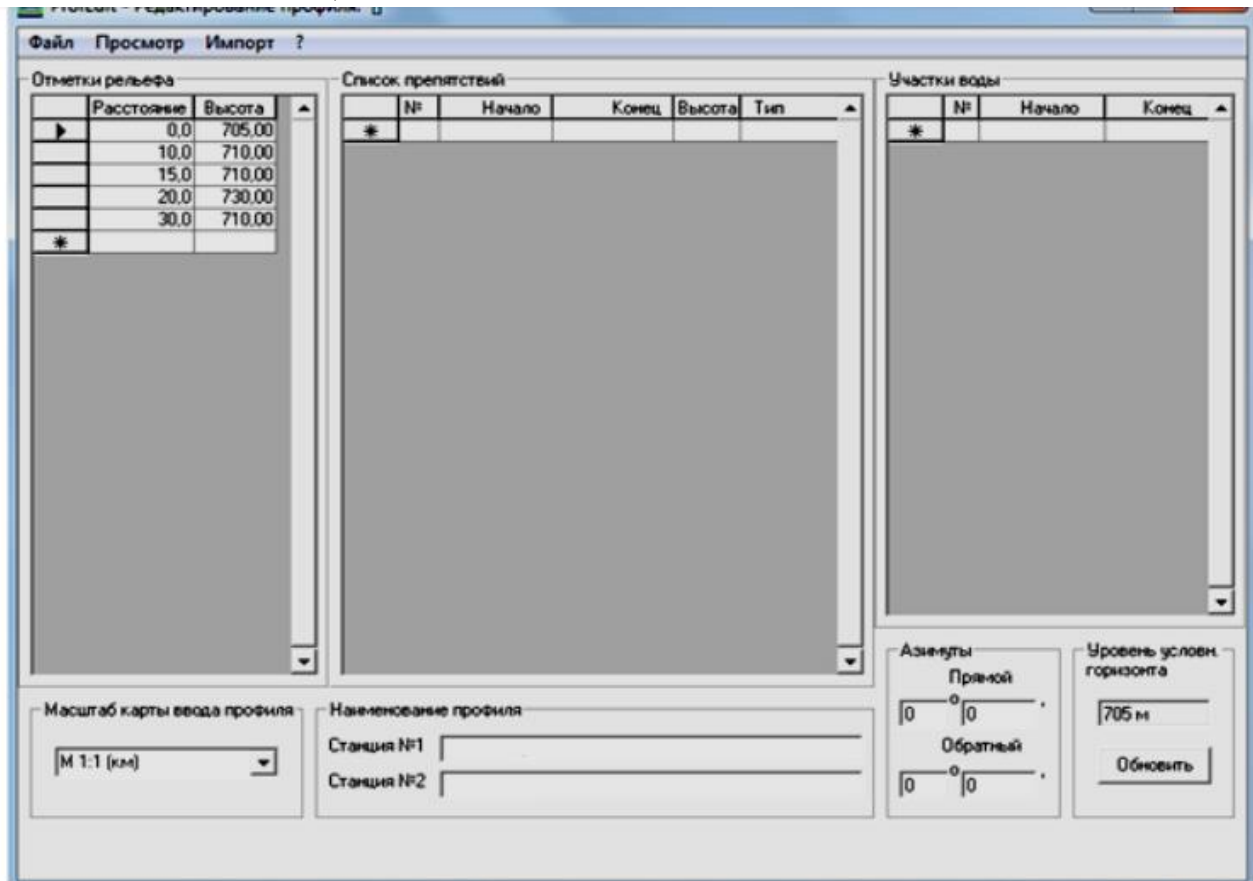


Рисунок 4.11 – Окно с данными высотных отметок на пролете Айнабулак – Сарыюзек

Расчет запаса замирания

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

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

Для  $f = 7,447 \text{ ГГц}$

$$k_n = 0,003 \frac{\text{дБ}}{\text{км}}; k_v = 0,00265 \frac{\text{дБ}}{\text{км}}; \alpha = 1,31 - \text{коэффициент регрессии.}$$

Рассчитаем

$$\gamma_r = 0,003 * 22^{1,33} = 0,18 \frac{\text{дБ}}{\text{км}};$$

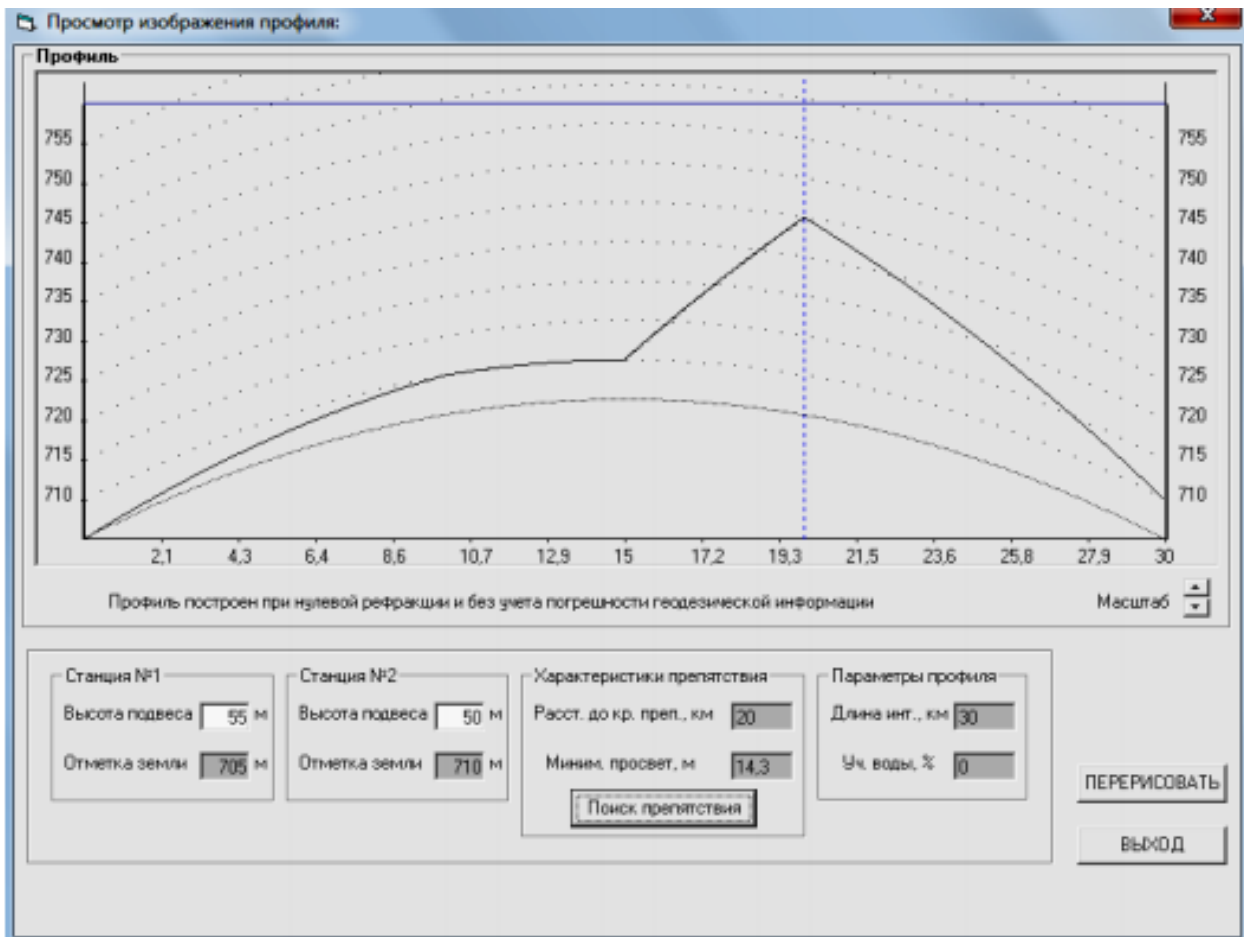


Рисунок 4.12 – Профиль пролета Айнабулак – Сарюзек

$$\gamma_V = 0,00265 * 22^{1,31} = 0,15 \frac{\text{дБ}}{\text{км}}$$

Выбираем наименьшее удельное затухание для вертикальной поляризации

$$\gamma_V = 0,15 [\text{дБ/км}].$$

Затухание на трассе, превышающее 0,01% времени

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

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

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

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

Среднее значение просвета на пролете

$$H(g) = 12,23 - \frac{(30 * 10^3)^2}{4} * (-7 * 10^{-8}) * 0,6 * 0,34 = 16 \text{ м}.$$

Относительный просвет

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

Относительная длина препятствия

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

Параметр  $\mu$ , характеризующий аппроксимирующую среду

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

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

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

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

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

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

Таким образом, оптимизация высот подвеса антенн не нужна.

Норма на неготовность

$$UR_{\text{доп}} = \frac{0,3 * 30}{2500} = 0,0036\%,$$

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

$$3,6 * 10^{-3} > 3 * 10^{-3}.$$

Значит .

### **Пролета Актёкше – Сарыозек**

Расчет точно такой же.

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

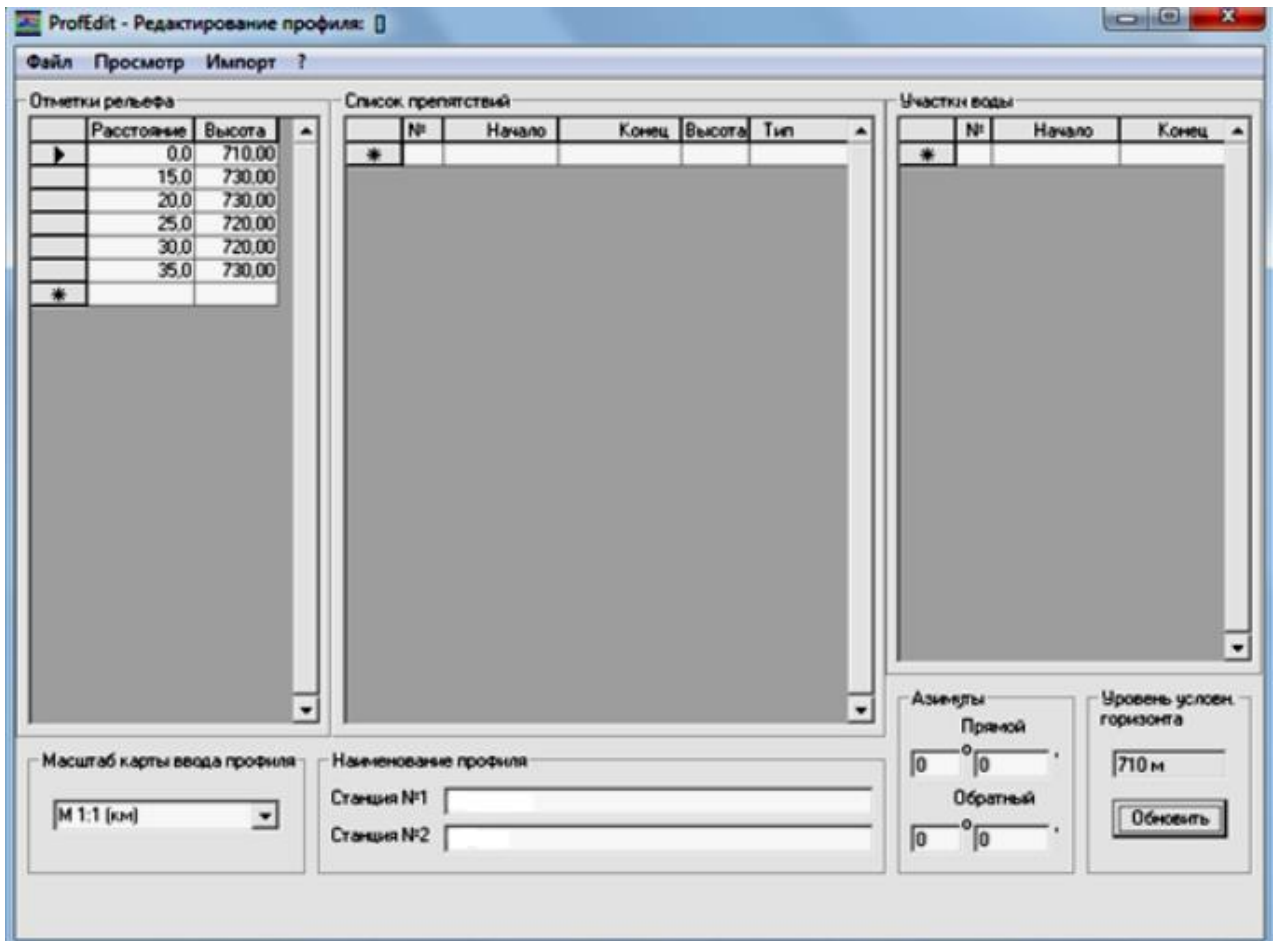


Рисунок 4.13 – Исходные данные пролета

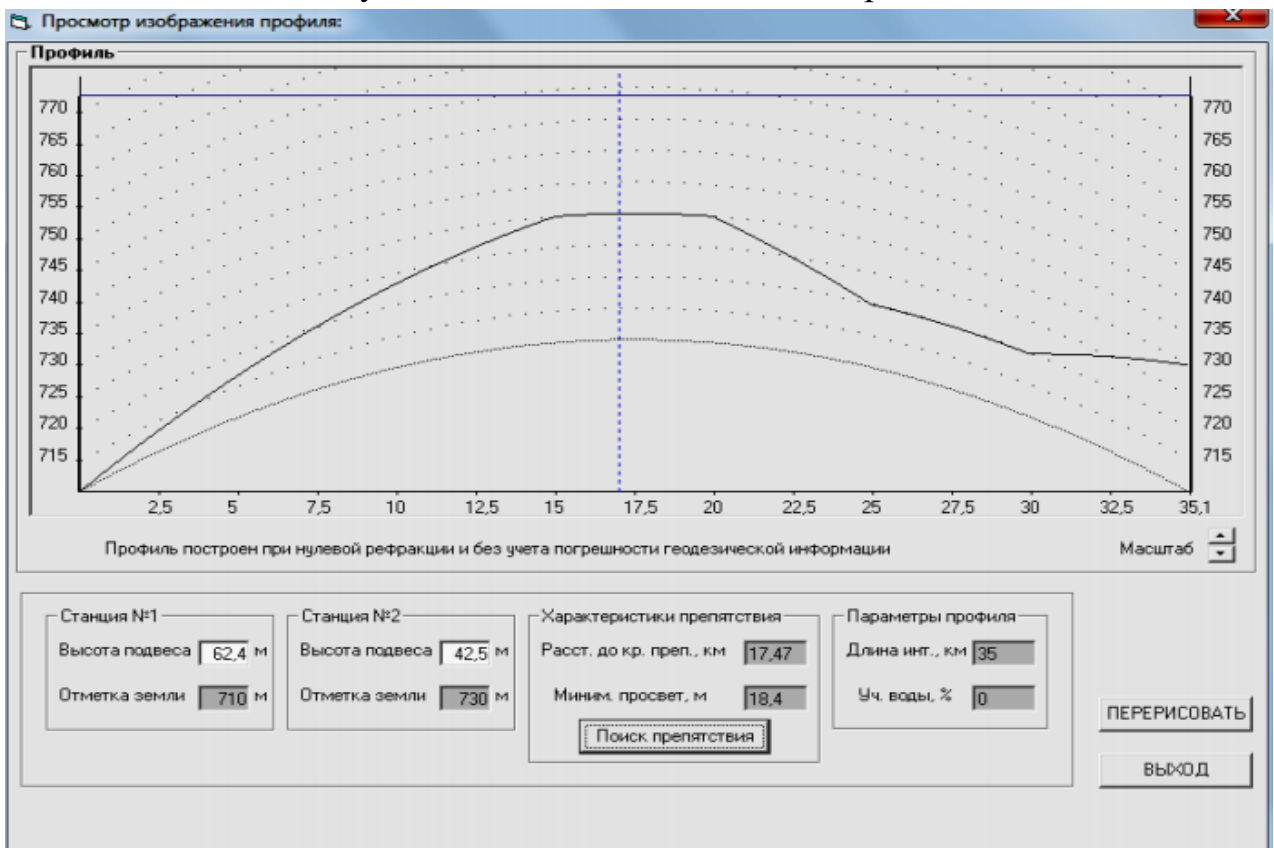


Рисунок 4.14 – Профиль пролета РРЛ

## **5 Бизнес – план**

### **5.1 Резюме**

Данный бизнес план подтверждает целесообразность выбранного варианта – радиорелейная линия передачи Талдыкорган - Кербулак, улучшения качества обслуживания пользователей и полного удовлетворения их потребностей за счет внедрения новых технологий, расширения спектра предоставляемых услуг, повышение надежности работы сети и сокращения затрат на эксплуатацию сети. С помощью радиорелейной линии осуществляется многоканальная передача телефонии, данных, с возможностью выхода в глобальную сеть 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». Данная компания имеет хорошие отзывы. А так же они занимаются сопровождением объекта. Такая крупная компания ведет заказ, от проектирования до релиза объекта. В их услуги входят такие функции, как проектирование строительство, сбор фундамента из бетона. А так же устанавливают основные и региональные экспресс линии и внешние инженерные сети компании.

Если я воплощу свой проект, это даст возможность расширению телекоммуникационного рынка, увеличению абонентской базы. И само собой увеличит доход общества.

А так же заполним пятно спроса телекоммуникации в отдельных уголках страны. Такие пятна спроса на карте вынудили проектирование РРЛ.

### **5.3 Описание услуги**

Сфера использования радиорелейной техно 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;

Данная РРЛ рассчитана для пользования Алматинской области, в интересах услуг связи. На данном промежутке проживают более 14000 человек.

#### **5.4 Анализ рынка сбыта**

##### Аналитика внешних условий

В расчет внешних условий взяли платежеспособность нашего рынка и максимальный обхват рынка.

Степень экономического развития целевого рынка, объемы инвестиций в регион. В январе-декабре 2017 года промышленностью области произведено товарной продукции в действующих ценах на 132822,4 млн.тенге, что увеличилось на 4,1% по сравнению с 2016 г. (в предыдущем году прирост составил 5,9%). Промышленная продукция, производимая в Энбекшикзахском районе, составляет 20,65% всего объема промышленного производства области. По сравнению с январем-декабрем 2016 года рост объема производства отмечен в перерабатывающей отрасли сельского хозяйства. Объем инвестиций в основной капитал за 2017 г. составил 18029 млн.тенге. (за 2017г. - 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 2018 года (по оценке) составили 26943 тенге и увеличились по сравнению с соответствующим периодом 2017 года на 8,4%.

В среднем работники Эмбекшиказаского района в январе 2018 года получили 39968 тенге. Увеличилась по сравнению с январем 2017 года на 10,4%.

## 5.5 Менеджмент

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

В общем, они занимаются:

- 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 2018 г. составила 852 208 Мб;
- задействованная емкость – 481 271 Мб;
- свободная емкость – 937Мб;
- 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 Финансовый план

Подсчет финансов для старта

Определение капитальных вложений,  $K_{\Sigma}$

$$K_{\Sigma} = K_0 + K_M + K_{TR} + K_{PP}, \quad (5.1)$$

где  $K_0$  – сумма на закуп основного оборудования;

$K_M$  – сумма на монтажные работы по оборудованию;

$K_{TR}$  – расходы на транспорт;

$K_{PP}$  – расходы на проектирование.

Расчет затрат на проектирование оборудования [16]

Таблица 5.1 – Смета затрат на приобретение оборудования для реализации проекта

Наименование	Тип	Стоймость KZT
Оборудование РРС– 3шт	Оборудование	16750500
Пассивное оборудование	Оборудование	862500
Электрооборудование	Оборудование	300000
Клиентское оборуд. РРЛ СРЕ (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.

$$K_{\text{тр}} = 0,03 * K_0 = 0,03 * 57187500 = 1715625 \text{ тенге}$$

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

$$K_M = 0,01 * K_0 = 0,01 * 57187500 = 571875 \text{ тенге}$$

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

$$K_{\text{пр}} = 0,005, K_0 = 0,005$$

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:

$$Э_p = \text{ФОТ} + O_c + A_0 + Э + Н + М \quad (5.2)$$

где ФОТ – фонд оплаты труда;



$O_c$  – отчисления на соц. нужды;

$A_0$  – амортизационные отчисления;

$\mathcal{E}$  – электроэнергия для производственных нужд;

$H$  – накладные затраты;

$M$  – расходы, потраченные на материалы;

Фонд оплаты труда

В штате этого проекта будут два инженера – техника. С зарплатой в месяц 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:

$$\text{ФОТ} = \mathcal{Z}_{\text{осн}} + \mathcal{Z}_{\text{доп}}, \quad (5.3)$$

где  $\mathcal{Z}_{\text{осн}}$  – основная заработная плата;

$\mathcal{Z}_{\text{доп}}$  – дополнительная заработная плата

Основная заработная плата в год будет:

$$\mathcal{Z}_{\text{доп}} = 2040000$$

Дополнительная заработная плата составляет 10% от основной заработной платы:

$$\mathcal{Z}_{\text{доп}} = 0,1 * \mathcal{Z}_{\text{осн}} \quad (5.4)$$

Общий фонд оплаты труда за год составит:

$$\text{ФОТ} = 2040000 + 204000 = 2244000 \text{ тенге}$$

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:

$$O_c = 0,11 * (\text{ФОТ} - \text{ПО}), \quad (5.5)$$

где  $\text{ПО}$  – отчисления в пенсионный фонд;

ФОТ – фонд оплаты труда;  
0,11 – ставка на социальные нужды;  
ПО составляют 10% от ФОТ;

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

Тогда социальный налог будет равен

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

Расчет затрат на амортизацию

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

Амортизация вычисляется по следующей формуле:

$$A_0 = N_A * \sum K, \quad (5.6)$$

где  $N_A$  – норма амортизации;

$\sum K$  – стоимость оборудования без НДС + затраты на монтажные и транспортные расходы.

Тогда амортизационные отчисления составляют:

$$A_0 = N_A * \sum K = 0.25 * 59760938 = 14940235$$

Расчет затрат на электроэнергию

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

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_{\text{эл.обор.}} + \mathcal{E}_{\text{доп.нуж.}}, \quad (5.7)$$

где:  $\mathcal{E}_{\text{эл.обор.}}$  – затраты на электроэнергию для оборудования;

$\mathcal{E}_{\text{доп.нуж.}}$  – затраты на дополнительные нужды;

Затраты электроэнергии на оборудование рассчитывается по формуле

$$\mathcal{E}_{\text{эл.обор}} = W * T * S * 24 * 12$$

где:  $W$  – потребляемая мощность,

$W=16,8\text{кВт}$ ;

$T$  – время работы-24 часа;

$S$  – тариф, равный 1 кВтч=12,02тг

365– количество дней в году [17];

$$\mathcal{E}_{\text{эл.обор}} = 12,02 * 16,8 * 24 * 365 = 1180287$$

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

$$Z_{\text{доп.нуж.}} = 0,05 * Z_{\text{эл.обор.}}, \quad (5,9)$$

где  $Z_{\text{эл.обор}}$  – затраты на электроэнергию для оборудования;

Затраты на электроэнергию для дополнительных нужд:

$$Z_{\text{доп.нуж.}} = 0,05 * 1180287 = 59014 \text{ тенге.}$$

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:

$$H = 0,6 * (\Phi OT + O_c + A + Э) \quad (5.10)$$

$$H = 0,6 * (2244000 + 222156 + 14940235 + 1239301) = 12119700 \text{ тг.}$$

Расчет доходов от внедрения системы

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

$$D_{\text{реал}} = D_{\text{п}} + D_{\text{пд}} + D_{\text{т}}$$

где  $D_{\text{п}}$  – доход от подключения абонентов в год;

$D_{\text{пд}}$  – доход от абонентской платы за услуги по передачи данных в год;

$D_{\text{т}}$  – доход от абонентской платы за услуги телефонии.

Доходы от платежей за подключение в год:

$$D_{\text{по}} = (T_{\text{п}} * 12) * N, \quad (5.12)$$

где  $T_{\text{п}}$  – тариф за подключение;

$N$  – количество новых пользователей.

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

$$D_{\text{пд}} = (T_{\text{пдср}} * 10 * 12) * N, \quad (5.13)$$

Где  $N$  – количество клиентов,  
 $T_{\text{ПДср}}$  – среднее количество трафика на абонента в месяц составляет 4000Мб.

Цена за 1Мб равна 10тг.

Доход от услуги телефонии в год рассчитывается по формуле:

$$D_T = N_T * T_{\text{Тсс}} * 30 * 12, \quad (5.14)$$

где  $T_{\text{Тсс}}$  – 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

Чистый доход предприятия определим по формуле:

$$D_{\text{чист.}} = D - \sum \Xi = 73020000 - 30975792 = 420442078 \text{ тенге} \quad (5.15)$$

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

$$D_{\text{чист.н.}} = 0,8 * D_{\text{чист}} = 0,8 * 42044208 = 3363566 \text{ тенге.}$$

## **6 Безопасность жизнедеятельности**

### **6.1 Анализ условий труда**

В этой главе говорится о безопасности жизнедеятельности в служебных комнатах, а так же расчёты и анализ.

Если рассматривать плотность потока мощности ЭМ излучения от антенн. Они не переступают черту нормы. "Временными санитарными нормами и правилами защиты населения от воздействия электромагнитных полей, создаваемых радиотехническими объектами" (10 мкВт/см<sup>2</sup>) (12).

Техника трудового места

Объект выбранный будет производственным. Если отталкиваться от уровня моря, то рабочее поверхность будет 0,8 м. Само собой и окна будут возведены, начиная с 0,8 м, сами же окна будут 2,4 м. Чуть дальше на расстоянии 10 м, ростом 7 м стоит соседнее здание. С трёх других сторон ничего нет.

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

Есть рекомендация, какие огнетушения применять. А так же газовые огнетушащие составы и нормы. Все показано в таблице 6.1.

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.

На станциях РНЦ есть электрическое оборудование и его нельзя тушить водой и пеной.

Человеку по «Временным санитарным нормам и правилам для работников вычислительных центров» нельзя работать больше 4 часов за видеотерминалом. Лучше эти четыре часа раскидать равномерно по всему восьми часовому дню.

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

Наименование ГОС	Норма расхода ГОС, кг/м <sup>3</sup> , 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

Есть рекомендации. Через каждый час делай перерыв от пяти до десяти минут. А если работаешь два часа то тогда лучше делать перерыв на пятнадцать минут. А еще нужно делать разминку каждый час. Такая разминка будет снимать напряжение.

Один из важных пунктов расчета рабочего места, антропометрические и психофизиологические данные рабочего.

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].

## **6.2 Выбор огнетушителей, расчет их количества, установка пожарных датчиков**

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].

Если брать в расчет СНиП, то нужно один огнетушитель. На каждый сто квадратных метров один огнетушитель. Наше здание имеет размер 5x10 и того 50 квадратных метров. Где стоит огнетушитель можно рассмотреть на рисунке 6.2

- 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.

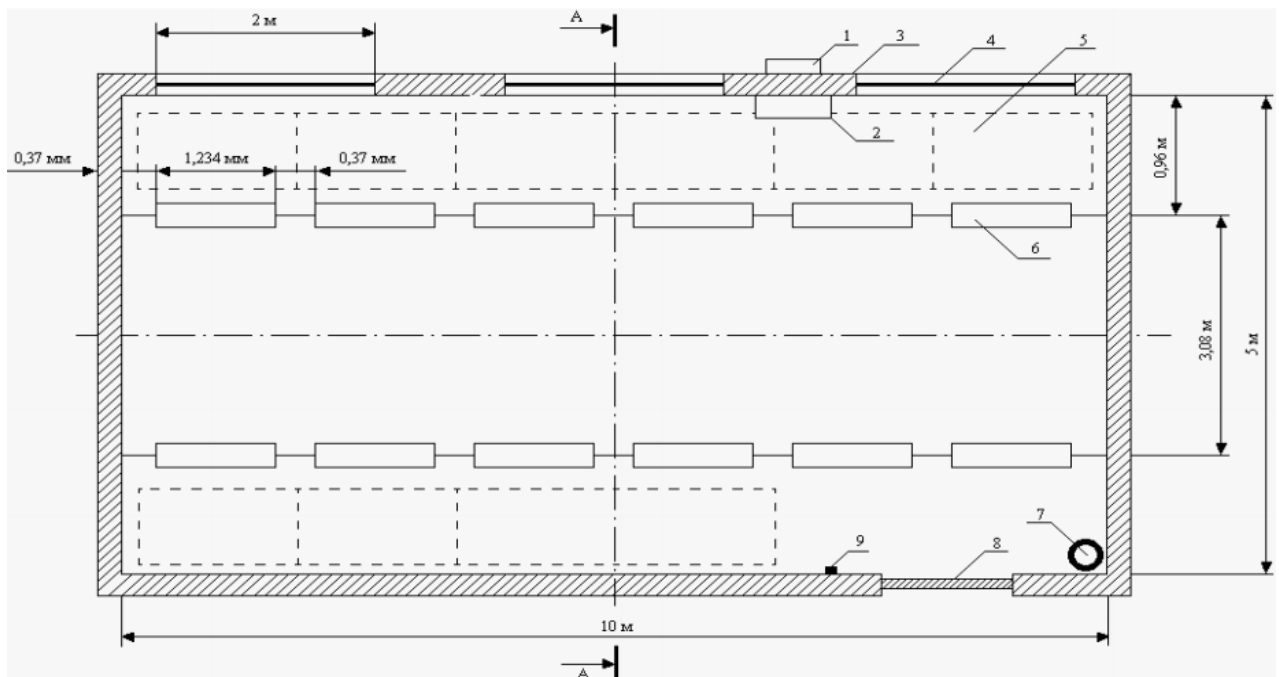


Рисунок 6.2 Схема искусственного освещения

### 6.3 Расчет системы искусственного освещения

Параметры аппаратного зала. Длина  $L=10$ , ширина  $B=5$ , высота  $H=3$ , высота рабочей поверхности  $h_p = 0,8$  (все указано в метрах). разряд зрительной работы III (высокой точности).

Сейчас посчитаем правильные промежутки между светильниками

$$Z = \lambda * h \text{ м}, \quad (6.1)$$

где,  $\lambda = 1,2 \div 1,4$ ;

$$h = H - h_p = 3 - 0,8 = 2,2 \text{ м}.$$

Исходя из этих данных, можно найти нужное нам расстояние между светильниками.

$$Z = 1,4 * 2,2 = 3,08 \text{ м.}$$

Теперь нам нужно количество рядов светильников

$$n = \frac{B}{Z} = \frac{5}{3,08} \approx 2, \quad (6.2)$$

где, В – ширина объекта;

Z – Ширина между светильниками

Теперь нужно рассчитать сколько штук нужно

$$N = \frac{E * K_3 * S * Z}{n * \Phi_{\text{Л}} * \eta},$$

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

K<sub>3</sub> – коэффициент запаса, учитывающий запыление и износ источников света в процессе эксплуатации. K<sub>3</sub> = 1,5;

S – освещаемая площадь, S = 50 м<sup>2</sup> ;

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

η - коэффициент использования;

Φ<sub>Л</sub> – световой поток лампы, Φ<sub>Л</sub> = 3000 лм.

n – число ламп в светильнике.

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

$$i = \frac{L * B}{h * (L + B)} = \frac{10 * 5}{2,2 * (10 + 5)} = 1,52 \quad (6.4)$$

В расчет я беру что все стенки и потолки будут побелены, а окна закрыты белыми шторами. Коэффициент отражения у них. Такие  $p_{\text{пот}} = 50\%$ ;  $p_{\text{ст}} = 30\%$ ;  $p_{\text{пол}} = 20\%$ .

Получается коэффициент использования, будет  $\eta = 54\%$ , (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.

С такими данными

$$N = \frac{400 * 1,5 * 50 * 1,15}{2 * 3000 * 0,54} = 11,6 \approx 12 \text{ светильников.}$$

Итого получилось 24 лампы, по две в лампе. По шесть ламп в двух рядах.



## **Заключение**

В этой работе была представлена возможность организации линии связи Талдыкурган – Кербулак. На основе цифровой радиорелейной системы передачи.

Были рассмотрены такие вопросы как, схема построения трассы, правила выбора трассы, расположение вышек на трассе, возможности радиорелейного оборудования и станции в том числе.

Был произведен расчёт выбора мест расположения оборудования. И обосновано цифрами. Трасса Талдыкурган – Айнабулак – Сарыозек – Кербулак.

Благодаря программе ProfEdit были построены продольных профилей пролетов. А так же в расчёты брали рельеф местности.

А также был произведен расчет экономического сектора. Для трассы Талдыкурган – Айнабулак – Сарыозек – Кербулак. И по расчетам видно что срок окупаемости составит 1,3 года. Такие цифры закрепляют за данной работой экономическую выгодность.

И конечно в своей работе было рассчитан сектор безопасности и жизнедеятельности. Был произведен анализ и подсчёт системы искусственного освещения и безопасность в служебных помещениях.

Все задачи и цели в своей работе полностью осветил и выполнил.

## 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
```

## Список литературы

- 1 Евсеенко Г. Н. Цифровые системы передачи: Учебное пособие. — Ростов-на-Дону: РКСИ, 2009. — 100 с.
- 2 Макоеева 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 Ключковская Л.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.
- 11 Ключковская Л.П., Самоделкина С.В. Спутниковые и радиорелейные системы передачи. Сборник задач для бакалавров специальности 5В071900 – Радиотехника, электроника и телекоммуникации. – Алматы: АУЭС, 2011г.
- 12 Ключковская 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.
- 13 Голубицкая Е.А., Жигульская Г.М. Экономика связи. – М.: Радио и связь, 2000  
Гончарук В.Д., Канаев Н.Я. Экономика, организация и планирование предприятий связи. М., 2004
- 14 Инструкции по планированию, учету и калькулированию себестоимости продукции и услуг на предприятиях, Астана, 2001
- 15 Положением о составе затрат на производство продукции, выполнение работ и оказание услуг, Р К, Астана, 2008

- 16 Бобкова О.В. Охрана труда и техника безопасности при работах с ПК. Омега-Л; 2005
- 17 Верховский Е.И. Пожарная безопасность на предприятиях радиоэлектроники. – М.: Высшая школа, 2009
- 18 Долин П.А. Основы техники безопасности в электроустановках. – М.: Энергоатомиздат, 2006
- 19 Беляров Ю. А., Хлопков В. В. Охрана труда в организациях связи. Практические рекомендации, М., Книжный мир; 2004
- 20 Радиорелейные системы связи // EXTUSUR.NET: Радиорелейная система связи. 2018. URL: [http://extusur.net/content/2\\_radiosviaz/8.html](http://extusur.net/content/2_radiosviaz/8.html) (дата обращения 05.04.2018).
- 21 Повышенность устойчивости ЦРРЛ на пролетах // saf-tech.ru: Повышение устойчивости связи на пролетах ЦРРЛ. 2018. URL: <http://www.saf-tech.ru/ustoichivost.html> (дата обращения 12.04.2018)