

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество
АЛМАТИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ

кафедра Телекоммуникационных систем

«Допущен к защите»
Заведующий кафедрой _____

(Ф.И.О., ученая степень, звание)

« _____ » 20__ г.
(подпись)

ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

На тему: Проектирование ЦРПС на дистанции Алматы-Каскелен

Специальность 5B071900 Радиотехника, электроника и телекоммуникации

Выполнил (а) Косатый М.В. МТС-12-3
(Фамилия и инициалы) группа

Научный руководитель ст. пр. Тюртбаев К.А. Линер
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)

Консультанты:

по экономической части:

доцент каф. ЭО и УП Боканова Г.И.
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
« 23 » 05 2016 г.
(подпись)

по безопасности жизнедеятельности:

ст. препор. Бешимбетова А.С.
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
« 6 » мая 2016 г.
(подпись)

по применению вычислительной техники:

к.т.н, ст. преп. Бардина Ю.И.
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
« 8 » июня 2016 г.
(подпись)

(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)

« _____ » 20__ г.

(подпись)

Нормоконтролер: Дейсидова Т.Д, ст. пр-16
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
« 8 » июня 2016 г.
(подпись)

Рецензент: к.т.н каф. РТ КазАТК Бахтиярова Е.А.
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
« _____ » 20__ г.
(подпись)

Алматы 2016 г.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество
АЛМАТИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ

Факультет Радиотехники и связи
Специальность 5В071900-Радиотехника, электроника и телекоммуникации
Кафедра Телекоммуникационных систем

ЗАДАНИЕ

на выполнение дипломного проекта

Студент Косатый Максим Викторович
(фамилия, имя, отчество)

Тема проекта Проектирование ЦРРЛС на дистанции Алматы-Каскелен

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 проектируемой линии 1,24 км.

Вариант трафика Е1

План объекта. Воссоединительная станция

3 абонента телефонной сети

3 абонента сети интернет

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

1 Анализ и выбор оборудования беспроводного доступа

2 Разработка функциональной схемы организации связи

3 Расчет устойчивости связи ЦРРЛ

4 Безопасность жизнедеятельности

5 Бизнес план

6 Экспериментальная часть

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)

- 1 Структурная схема организации сети
- 2 Функциональная схема сети ЦРМ
- 3 Схема подключения оборудования на оконечной станции
- 4 Продольный профиль проекта
- 5 Расчет параметров устойчивости связи в программе MathCad14

Рекомендуемая основная литература

- Быховский М.А., Кирик Ю.М., Косов В.И., Сахаров О.Ю., Сорокин А.С.,
Сорокин Н.Б. Основы проектирования цифровых радиорелейных
линий связи. Учебное пособие / под ред. профессора М.А. Быховского
М.: Эко-Трендз, 2014г. - 334с
Мордухович Л.Г. Радиорелейные линии связи. - М.: Радио - связь, 1989 -
315с

Консультанты по проекту с указанием относящихся к ним разделов

Раздел	Консультант	Сроки	Подпись
Экономическая часть	Боканова Г.Ш.	01.04 - 23.05.16	Г.Ш. Боканова
БЖД	Бешмбетова А.С.	01.04 - 06.05.16	А.С. Бешмбетова
Радиотехн. техника	Борсенова Ю.И.	01.04 - 08.06.16	Ю.И. Борсенова
Мех. часть	Мордухович Л.Г.	01.04 - 08.06.16	Л.Г. Мордухович

Г Р А Ф И К
подготовки дипломного проекта

№ п/п	Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления руководителю	Примечание
1	Введение	04.02.2016	
2	1. Анализ и выбор оборудования беспроводного роста	10.02.2016	
3	1.1 Системы беспроводного роста	14.02.2016	
4	1.2 Цифровые РРС	18.03.2016	
5	1.3 Влияние электромагнитной совместимости телекоммуникационного оборудования	25.03.2016	
6	2. Разработка функциональной схемы организации связи	01.04.2016 07.04.2016	
7	2.1 ЦРРС г.Ашата-г.Каскелен-Воро- хитинская станция		
8	2.2 Внутривидеонаблюдение	11.04.2016	
9	2.3 Мониторинг, диагностика показателей ЦРРС	18.04.2016	
10	3. Расчет устойчивости связи ЦРРС	22.04.2016	
11	4. Безопасность жизнедеятельности	06.05.2016	
12	5. Бизнес план	23.05.2016	
13	6. Экспериментальная часть	09.05.2016	
14	6.1 Монтаж оборудования	10.05.2016	
15	6.2 Измерение параметров ЦРРС	11.05.2016	
16	6.3 Сервисное обслуживание	12.05.2016	

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)

Аннотация

В данном дипломном проекте рассмотрена организация беспроводной сети с использованием радиорелейного оборудования связи до объекта “Водоочистительная станция”.

В проекте представлена функциональная, структурная схема организации связи. Выполнены основные расчеты устойчивости связи для проектируемой линии.

В работы были рассмотрены вопросы и учтены нормы по безопасности жизнедеятельности, а также составлен бизнес – план, который показал прибыльность проекта.

Abstract

In this graduation project examined the organization of a wireless network using radio relay communications equipment to the subject “Water treatment plant”.

The project shows a functional, structural diagram the organization of communication. Perform basic calculations due to the stability of the projected line.

The project considers issues and standards on health and safety, and includes a business plan, which indicates the project’s profitability.

Аңдатпа

Бұл дипломдық жобада радиорелелік жабдықтар қолдануымен, “Су тазартқыш станция” объектке дейін сымсыз байланыс желісін ұйымдастыру мәселелері қарастырылған.

Жобада функционалды құрылымдық байланыс ұйымдастыру тәсімі көрсетілген. Жобаланған желінің негізгі байланыс тұрақтылығы есептері жасалынған.

Жұмыс барасында сұрақтар қарастырылып, тіршілік әрекетінің қауіпсіздігі бойынша нормаларға көңіл бөлінді, сондай – ақ жобаның кірісін көрсеткен бизнес – жоспар құрылды.

Содержание

Введение	8
1 Анализ и выбор оборудования беспроводного доступа	9
1.1 Системы беспроводного доступа	9
1.2. Цифровые РРС	13
1.2.1 Цифровое радиорелейное оборудование производства стран СНГ	14
1.2.2 Зарубежные ЦРРС	18
1.3 Влияние электромагнитной совместимости телекоммуникационного оборудования	26
1.3.1 Процедура оформления РЧС	27
2 Разработка функциональной схемы организации связи	29
2.1 ЦРРЛС г. Алматы – г. Каскелен - Водоочистительная станция	29
2.2 Внутрипроизводственная связь. Видеонаблюдение	32
2.3 Мониторинг, диагностика показателей ЦРРЛС	39
3 Расчет устойчивости связи ЦРРЛ	42
3.1 Построение продольного профиля пролета	43
3.2 Выбор оптимальных высот подвеса антенн	44
3.3 Расчет запаса на замирание	46
3.4 Расчет времени ухудшения связи из-за дождя	46
3.5 Расчет времени ухудшения связи, вызванного субрефракцией радиоволн	48
3.6 Проверка норм на неготовность	50
3.7 Расчет времени ухудшения радиосвязи из-за многолучевого распространения	50
3.8 Проверка норм на допустимое время ухудшения связи из-за многолучевого распространения радиоволн	52
4 Безопасность жизнедеятельности	53
4.1 Анализ условий труда при эксплуатации технологического оборудования	53
4.1.1 Характеристика оборудования ЦРРЛ и технического помещения	53
4.1.2 Оценка освещения	54
4.1.3 Разработка молниезащиты	55
4.1.4 Микроклимат	56
4.2 Технические решения обеспечения безопасности жизнедеятельности	56
4.2.1 Расчет кондиционирования воздуха в серверном помещении	56
4.2.2 Расчет защиты от молний сооружения ОРС	60
5 Бизнес план	63
5.1 Резюме	63
5.2 Описание услуги	64
5.3 Маркетинговый план	64
5.4 Организационный план	65
5.5 Производственный план	65

5.6 Техническое обоснование проекта	65
5.7 Финансовый план	66
5.7.1 Расчет инвестиционных затрат	66
5.7.2 Расчет эксплуатационных затрат	68
5.7.3 Расчет доходов	71
5.7.4 Расчет показателей экономической эффективности	73
6 Экспериментальная часть.	77
6.1 Монтаж оборудования	78
6.2 Измерение параметров ЦРРЛС	84
6.3 Сервисное обслуживание	86
Заключение	87
Перечень сокращений	88
Список литературы	89
Приложение А Построение продольного профиля пролета радиорелейной линии	91
Приложение Б Вспомогательные материалы для расчетной части	93
Приложение В Расчет устойчивости связи ЦРРЛ в программе MathCad14	95
Приложение Г Построение графиков и таблиц в среде Excel	99

Введение

Продолжительное время лидером по экономичности и скорости развертки является метод установления радиопередачи на дальние дистанции по технологии радиорелейной связи. Раньше большинство магистральных линий на основе радиорелейной связи были аналоговыми, но их сменили более новые технологии в виде цифровой радиорелейной линии (ЦРРЛ). Они обладают более высокой пропускной способностью и позволяют достичь скорости передачи 155 Мбит/с и выше. Передача сигналов в таком случае ведется с использованием многопозиционных видов модуляции [1].

Необходимым требованием для цифровой радиорелейной станций (ЦРРС) на магистральных и внутризоновых участках является наличие службы, которая на программном уровне может поддерживать регулировку сетевыми составляющими и сетью в общем, а также обеспечивать контроль, управление и техническую поддержку оборудования. Выбор технологии построения транспортной инфраструктуры в этом регионе в основном предопределили его климатические и географические особенности.

Данный диплом посвящен организации цифровой радиорелейной линии связи на участке Алматы – Каскелен - Водоочистительная станция для обеспечения выбранного объекта надежной связью и необходимой пропускной способностью для ведения мониторинга, обмена необходимой информацией для поддержания работы и управления сетью внутри объекта.

Основной задачей данного проекта является на основе существующей сети, в данном случае радиопролет ОРС г. Алматы - УРС г. Каскелен, осуществить расчет необходимых показателей для реализации связи на участке УРС г. Каскелен - ОРС Водоочистительная станция. Необходимо рассчитать показатели устойчивости связи, энергетические составляющие. На основе анализа рынка телекоммуникаций и полученных расчетов выбрать оборудование связи. При этом рассмотреть вопросы по безопасности жизнедеятельности и произвести расчет эффективности проекта.

1 Анализ и выбор оборудования беспроводного доступа

В проекте необходимо предоставить беспроводной доступ к объекту “Водоочистительная станция” для обеспечения обмена информации и мониторинга сети. Расположение будущего объекта связи от ближайшей узловой станции находится на расстоянии 1,24км. Чтобы организовать связь на данном участке, необходимо подобрать качественное оборудование связи, которое будет соответствовать всем необходимым требованиям. Для этого необходимо проанализировать рынок систем беспроводного доступа.

1.1 Системы беспроводного доступа

Беспроводной абонентский доступ (от англ. wireless local loop, сокр. WLL) — тип технологий связи, представляющих собой комбинацию радиотелефонной линии и стационарного телефона [2]. WLL используется там, где подключение стационарного телефона к стационарным наземным телефонным сетям невозможно или слишком дорого, а также, например, в малонаселённых сельских регионах. Кроме того, данную технологию используют телефонные операторы, не обладающие собственными сетями, построенными на медно-проводной основе.

Существует два различных принципа функционирования WLL:

- 1) радиопередача от пункта к пункту (радиорелейная связь);
- 2) радиопередача от передатчика ко множеству приёмников, когда базовая станция обеспечивает приём на множество приёмников и используется несколько режимов передачи (каналов доступа) для обеспечения связи одновременно с несколькими радиоприёмниками.

Связь строится по принципу от последней точки стационарной телефонной линии к первой точке новой зоны радиосвязи для подключения системы телефонной службы и/или услуг широкополосного доступа в Интернет для абонентов беспроводной электросвязи. Существуют различные виды систем WLL и технологий:

- 1) широкополосный беспроводной доступ (англ. broadband wireless access, сокр. BWA),
- 2) радио в малой зоне (англ. radio in the loop, сокр. RITL),
- 3) фиксированный радиодоступ (англ. fixed-radio access, сокр. FRA),
- 4) фиксированный беспроводной доступ (англ. fixed wireless access, сокр. FWA).

Официальными представителями по организации беспроводной связи в г.Алмате являются такие компании как: Аспан Телеком, KazTransCom, ICON, НУРСАТ, Радиобайланыс, Транстелеком, 2Day Telecom, Алтел, ASTEL.

Компания ASTEL является сервис-интегратором, одним из лидеров на казахстанском рынке телекоммуникаций.

Основной вид деятельности компании - предоставление телекоммуникационных услуг на базе собственной сети KazNet®, а также

построение корпоративных сетей передачи данных и голоса, используя передовые технологии.

Компания оказывает широкий спектр дополнительных услуг, начиная от проектирования сетей и поставки оборудования, заканчивая вводом в эксплуатацию и обучением персонала заказчика.

Организация сети осуществляется с применением различного телекоммуникационного оборудования. Основным является спутниковое, WLL, RLL (radio in the local loop) оборудование различной емкости и пропускной способности. Используют оборудование компании Nec, ComPTek, Cisco Systems и др.

Компания Аспан Телеком предлагает услуги качественного и надежного доступа к сети Интернет по беспроводной выделенной линии от “Аспан Телеком”, обеспечивает клиенту высокие скорости и надежность соединений, защищенность и конфиденциальность, а также масштабируемость и гибкость решений по запросу клиента.

Высокоскоростная транспортная сеть, использующая технологию MPLS, мониторинг и обслуживание сети, осуществляемые в режиме реального времени, круглосуточная техническая поддержка, позволяют гарантировать высочайшее качество услуг, предоставляемых сетью компании “Аспан Телеком”.

Беспроводное подключение к сети Интернет идеальное решение для клиентов, офисы которых расположены в местах, где имеется дефицит или полное отсутствие качественных кабельных сетей доступа, а организация новых проводных линий связи экономически нецелесообразна.

Сеть беспроводного широкополосного радиодоступа компании Аспан Телеком, построена с использованием современного оборудования и технологий, ведущих мировых лидеров Alvarion, Cisco Systems, Intel, что уже является гарантией высокого качества предоставляемого сервиса.

При радиусе покрытия сектора от 3-х до 10-ти километров, WiMAX Forum Certified - системы способны предоставлять пропускную способность канала до 40 Мбит/с для фиксированного и портативного доступа.

Объединённая компания ТОО “2Day Telecom”, входящая в группу компании “Вымпелком” ТМ Beeline – универсальный телекоммуникационный оператор, предоставляющий широкий спектр телекоммуникационных услуг, основанных на использовании новейших технологий. Компания предоставляет услуги:

- высокоскоростного доступа к сети Интернет по оптическим каналам;
- телефонии;
- передачи данных;
- организации и обслуживания частных корпоративных сетей;
- спутниковая сеть на удаленных объектах.

Компания использует систему беспроводного доступа (точка, многоточка с применением технологии PreWimax). Данная технология применяется телекоммуникационными операторами более чем в 25 странах

Европы, Америки и Азии. В качестве базового сетевого оборудования 2DAY Telecom использует оборудование Aperto Networks (USA) - ведущего производителя систем WLL. Технология, на основе которой функционирует оборудование компании Aperto Networks, ратифицирована институтом инженеров электротехники и электроники (IEEE) как стандарт - IEEE 802.16.a.

ТОО “Радиобайланыс” - казахстанский интернет-провайдер, предоставляющий телекоммуникационные услуги высокого качества, такие как: доступ к сети Интернет, организация каналов передачи данных (последняя миля), традиционная телефония, IP-телефония.

Для организации доступа к сети Интернет ТОО “РадиоБайланыс” использует оборудование беспроводного широкополосного доступа Motorola Canopus и Ubiquiti.

Используемое оборудование позволяет организовать выделенный канал в сеть Интернет на скоростях до 40 Мбит/с. (симметричный и асимметричный каналы).

Нурсат - ведущий казахстанский телекоммуникационный оператор. Собственная спутниковая сеть компании Нурсат охватывает более 80 городов и населенных пунктов республики. Сеть Нурсат построена на базе спутниковых каналов связи, работающих через спутники NSS 703 и NSS 6.

Наряду со спутниковыми каналами Нурсат имеет оптоволоконную и медную инфраструктуру, обеспечивающую дополнительную надежность и непрерывность предоставления услуг.

Широкое использование беспроводных решений позволяет оперативно предоставлять услуги современной связи наиболее эффективным способом. Система идеальна для быстрого обеспечения телефонной связью, доступом в Интернет и услугам передачи данных районов новостроек и коттеджных поселков, удаленных офисов и промышленных объектов, в случаях, если использование традиционной кабельной инфраструктуры невозможно, либо экономически нецелесообразно.

Применение современных технологий дает возможность:

- 1) легко и быстро изменять пропускную способность сети
- 2) вводить новые услуги, подключать новые узлы и сети, не прерывая предоставления существующих услуг.

Для крупного и среднего бизнеса - это подключение по выделенной линии. Подключение по выделенному каналу, который организуется на передовых технологиях доступа (ISDN, SGHDSL, EoF, WLL и др.). Компания использует самые современные технологии и каналобразующее оборудование, что обеспечивает максимально высокое качество доступа, высокую скорость и стабильность.

Для малого бизнеса и частных клиентов - коммутируемый доступ в Интернет. Нурсат представляет два вида коммутируемого доступа в Интернет: доступ посредством сервис карты i-Card+ и доступ по договору для бизнес-клиентов.

Технология широкополосного доступа (ШПД) была разработана для помехоустойчивой передачи информации с использованием сигнала малой мощности. Другое её название – технология шумоподобного сигнала. Это основано на методе кодирования информации при передаче и малой мощности радиосигнала. После многих лет успешного использования в оборонных отраслях эта технология нашла и гражданское применение [3].

Идея ШПД состоит в том, что для передачи информации используется значительно более широкая полоса частот, чем это требуется при обычной передаче (в узком частотном канале). За счет такой избыточности достигается хорошая помехозащищенность сигнала при его малой мощности. Избыточность же достигается кодированием особыми кодами. Для оказания услуг беспроводного широкополосного доступа наиболее эффективными на сегодняшний день являются технологии:

- мобильного и фиксированного доступа WiMax стандарта IEEE 802.16;
- беспроводные сети Wi-Fi стандарта 802.11;
- проприетарные решения различных производителей, объединяемых единым обозначением Pre-WiMax;

Технология ШПД основывается на использовании оборудования связи стандарта 802.11х, 802.16х:

1) Согласно стандарту 802.11а данные передаются в диапазоне 5 ГГц со скоростью до 54 мегабит в секунду. Стандарт предусматривает также мультиплексирование с ортогональным делением частот (orthogonal frequency-division multiplexing OFDM), более эффективную технику кодирования, предусматривающую разделение исходного сигнала на передающей стороне на несколько подсигналов. Такой подход позволяет уменьшить воздействие помех;

2) Стандарт 802.11b вопреки своему названию и принятый в 1999 году, не является продолжением стандарта 802.11а, поскольку в них используются различные технологии: Direct Sequence Spread Spectrum (DSSS) в 802.11b против OFDM в 802.11а. Стандарт предусматривает использование диапазона частот 2,4 ГГц. Скорость передачи до 11 Мбит/с;

3) Стандарт 802.11g, как и 802.11b, предусматривает работу в диапазоне 2,4 ГГц, однако обеспечивает более высокую скорость передачи данных – до 54 мегабит в секунду. Стандарт 802.11g быстрее, поскольку в нем используется такое же кодирование OFDM, как и в 802.11а;

4) Стандарт 802.16d предусматривает работу в диапазоне 1.5-11 ГГц, с пропускной способностью до 75 Мбит/с, на расстоянии 6-10 км [4].

Использование технологии ШПД при организации сети позволит организовать сеть связи в короткие сроки с простым в эксплуатации оборудованием. Недостатком такой сети будет сильная загруженность нелицензируемых частот и ограниченная пропускная способность.

Принцип цифровой радиорелейной связи основывается на создании системы ретрансляционных станций, установленных на расстоянии обычно до 50 км. Простейшая топология радиорелейной линии связи представляет собой

два устройства, передающих информацию между двумя пунктами. На основе простейшей топологии создаются различные топологии с широкими возможностями по маршрутизации трафика между населенными пунктами или потребителями.

Достоинства цифровых радиорелейных линий связи по сравнению с другими беспроводными технологиями, работающими в нелицензируемых диапазонах частот, являются:

- высокая помехоустойчивость за счет работы на выделенных диапазонах частот;
- возможность подключения и передачи разнородного трафика, без установки дополнительного оборудования;
- большой выбор различных конфигураций оборудования, как для отказоустойчивых систем, так и для систем без резервирования;
- возможность удаления внешнего блока ODU или внешней антенны на расстояние более 100 метров от внутреннего блока;
- высокая пропускная способность, свыше 155 Мбит/с (в зависимости от оборудования).

В данном проекте для подключения объекта целесообразнее использовать цифровую радиорелейную связь. Данная технология имеет множество достоинств над другими видами беспроводной связи. Оборудование ЦРРЛ позволит организовать помехозащищенный канал связи с высокой пропускной способностью, с дальнейшей возможностью расширения сети.

1.2 Цифровые РРС

Основное назначение цифровых радиорелейных линий связи (ЦРРЛС) - создание транспортной инфраструктуры операторов связи на межзоновых, внутризоновых и местных сетях, построение технологических линий связи, соединение скоростных сетей LAN (local area network), резервирование оптоволоконных линий связи.

При построении магистральных беспроводных каналов операторы связи используют магистральные ЦРРС для резервирования волоконно-оптических линий или для замыкания волоконно-оптических колец. Для обеспечения высокой пропускной способности и отказоустойчивой передачи данных организуется несколько радио стволов. В случаях невозможности прокладки оптоволоконных линий, операторы связи используют радиорелейные станции для объединения своих региональных сетей, создавая беспроводные магистральные линии связи большой протяженности с несколькими транзитными пунктами.

1.2.1 Цифровое радиорелейное оборудование производства стран СНГ

Лидером по производству цифрового радиорелейного оборудования из стран СНГ является Россия. Так из представителей такого производства выделяются такие компании как: Натекс, Микран, Радиан, Imaqliq, ДОК.

Наибольшим спросом обладает продукция компании “Микран”, с широко известной линейкой цифрового радиорелейного оборудования “МИК-РЛ”. Аппаратура цифровых радиорелейных станций (ЦРРС) “МИК-РЛ” подразделяется на основные группы:

1) Оборудование МИК-РЛ для диапазонов 150/400 МГц представляет наземную альтернативу спутниковым каналам связи и позволяют организовывать интервалы большой протяженности, в том числе и на полузакрытых трассах с минимальной нагрузкой и требованиями к антенным опорам;

2) МИК-РЛ МИК-РЛ7...18Р и МИК-РЛ4...15РМ предоставляют пользователю оптимальное сочетание цены и функционально-технических характеристик при построении ЦРРЛ на трассах, не позволяющих получить большую скорость передачи или не требующих таковой;

3) Мобильные МИК-РЛ5ВРМ предназначены для эксплуатации на подвижных объектах;

4) МИК-РЛ4...15Р+ являются универсальным решением для организации протяженных радиорелейных линий связи с максимальной пропускной способностью и, наряду с TDM и Ethernet, возможностью передачи SDH трафика, предъявляющего повышенные требования к устойчивости радиолинии;

5) Y-packet6...38 - это современное оборудование с пропускной способностью до 900 Мбит/с, предназначенное для высокоскоростных пакетных сетей операторов мобильной связи 3G и 4G, провайдеров широкополосного доступа в Интернет.

Семейство ЦРРС “МИК-РЛxxP+” - универсальное решение для построения как сетей плезиохронной (PDH) и синхронной (SDH) цифровых иерархий, так и сетей PDH повышенной пропускной способности (PDH+). Обеспечивает совместную передачу TDM и Ethernet трафика с возможностью гибкого перераспределения пропускной способности. Аппаратура работает в диапазонах частот от 4 до 15 ГГц, отличается высокой скоростью передачи, гибкостью конфигурирования и масштабирования. Технические характеристики данной линейки оборудования показаны в таблице 1.1-1.2.

Таблица 1.1 – Технические характеристики ЦРРС МИК-РЛ4...15Р+

Тип РРС МИК-РЛ	4Р+	5Р+	6Р+	7Р+	8Р+	11Р+	13Р+	15Р+
Диапазон частот, ГГц	3,7-4,2	4,4-5,0	5,925- 6,425	7,25- 7,55	7,9-8,4	10,7- 11,7	12,75- 13,25	14,5- 15,35

Продолжение таблицы 1.1

Тип РРС МИК-РЛ	4P+	5P+	6P+	7P+	8P+	11P+	13P+	15P+
Дуплексный разнос, МГц	266	312	266	161	266	530	266	420
Число поддиапазон ов	2(н)+ 2(в)	2(н)+ 2(в)	2(н)+ 2(в)	5(н)+ 5(в)	3(н)+ 3(в)	2(н)+ 2(в)	3(н)+ 3(в)	2(н)+ 2(в)
Ширина поддиапазон ов, МГц	112	140	112	35	90	243	85	231
Перестройка частоты	программная в пределах поддиапазона, шаг 250 кГц							

Таблица 1.2 – Функциональные возможности ЦРРС МИК-РЛ4...15P+

Функциональные возможности					
Конфигурация системы	1+0, 1+1, 2+0				
Пропускная способность, Мбит/с, при модуляции	Ширина полосы спектра, МГц	3,5	7	14	28
	QPSK	4,9	9,8	19,6	39,2
	16QAM	9,8	19,6	39,2	78,4
	64QAM				117,6
Полезная нагрузка	до 48xE1+Ethernet/STM-1				
Сетевой мониторинг и управление	PCO “Мастер” (SNMP, Ethernet)				

Компания “Радиан” обладает также большим ассортиментом оборудования. ЗАО “Радиан” серийно производит цифровые радиорелейные станции PDH-иерархии нового поколения диапазонов 4, 5, 6, 7, 8, 11, 13, 15, 18, 23 и 38 ГГц, созданные с использованием новых технологии, таких как:

1) применение нового интегрированного одноплатного СВЧ блока, созданного под технологию печатного монтажа;

2) обеспечение возможности программного выбора рабочих частот; использование нового одноплатного модема верхнего исполнения со скоростью передачи данных от 2 до 37Мбит/с созданного на основе цифровых методов обработки сигнала, совмещенного с системой контроля рабочих параметров РРЛ;

3) применение современных видов модуляции QAM совместно с системой помехоустойчивого кодирования, цифровой фильтрацией и адаптивным эквалайзером;

4) использование унифицированного блока ввода-вывода имеющего пользовательские интерфейсы от одного потока Е1 (2,408Мбит/с, G.703) до 16 мультиплексированных потоков Е1 с дополнительным интерфейсом локальной сети 10/100Base-TX или Е3 (34,368Мбит/с) по выбору потребителя.

Оборудование имеет различные характеристики (таблица 1.3) и позволяет гибко перераспределять пропускную способность между потоками E1 и сетевым трафиком 10/100Base-TX, автоматически при занятии/освобождении потоков E1 сигналами пользователя.

Таблица 1.3 – Технические характеристики РРС семейства “Радиян”

Тип РРС	Диапазон, ГГц	Излучаемая мощность, дБм	Чувствительность приемника при BER=10 ⁻⁶ , дБм	Скорость (варианты), Мбит/с
Радиян-4	3,4-4,2	До 37 (E1...E3)	-88(4xE1/E2) -85(8xE1) -82(16xE1/E3)	2,048 4x2,048 8x2,048 16x2,048
Радиян-5	4,4-5,0			
Радиян-6	5,67-6,17 5,925-6,425			
Радиян-7	7,25-7,55	До 27 (E1...E3)		
Радиян-8	7,9-8,4			
Радиян-11	10,7-11,7	До 27 (E1...E3)		
Радиян-13	12,75-13,25			

Компания ГК НАТЕКС разрабатывает и производит широкий спектр телекоммуникационного оборудования. Основные линейки Nateks Microlink-4m ... 38m и Nateks Microlink-4-S ... 38-S цифровых радиорелейных систем семейства Nateks Microlink являются универсальным высоконадежным решением для построения беспроводных транспортных сетей передачи данных в различных частотных диапазонах (таблица 1.4). Оборудование предназначено для передачи сигналов Ethernet (1000BaseSX оптический, 1000BaseLX оптический, 10/100/1000BaseT электрический), E1 потоков 2,048 Мбит/с (G.703), смешанного TDM+IP-трафика или потоков STM-1.

Поддерживаемые интерфейсы:

- до 63 потоков E1 (120/75 Ом);
- до 2xSTM-1 (оптический или электрический);
- до 5x10/100/1000BaseT Ethernet.

Таблица 1.4 – Технические характеристики PPC семейства “Microlink”

Типы приемопередатчиков	RFU VHP/UHP							
Частотный диапазон, ГГц	4	5	6	7/8	10	11	13	15
Рабочие частоты (ГГц)	3,6	4,4	5,9	7,1	10,0	10,7	12,75	14,4
	... 4,2	... 5,0	... 7,1	... 8,5	... 10,7	... 11,7	... 13,25	... 15,35
QPSK выходная мощность, дБм	35/40	35/40	35/40	35/40	34/38	34/38	33/37	32/36
16/32 QAM выходная мощность, дБм	32/37	32/37	32/37	32/37	31/35	31/35	30/34	29/33
Rx пороговая чувствительность QPSK (28/56 МГц), дБм	-86/ -83	-86/ -83	-86/ -83	-86/ -83	-85/ -82	-85/ -82	-85/ -82	-85/ -82

Компания “ДОК” уже более 20 лет успешно работает в области разработки и создания беспроводных систем связи для миллиметрового диапазона длин волн. Сегодня ООО “ДОК” является ведущим отечественным производителем радиорелейных систем для организации каналов связи на скорости до 10 Гбит/с, а также оборудования для научного и промышленного применения.

Направления деятельности компании: разработка, производство и продажа высокоскоростных радиорелейных систем связи со скоростью передачи до 10 Гбит/с Q-band (40.5-43.5 ГГц) и E-band (71-76/81-86 ГГц), предоставление в аренду оборудования для организации беспроводных каналов связи, установка и настройка комплексов, разработка решений под заказ.

Установка и настройка комплексов радиорелейной связи. На телекоммуникационном рынке компания представляет сертифицированное радиорелейное оборудование топологии “точка-точка” и “точка-многоточка” для беспроводной передачи данных со скоростями:

- 350 Мбит/с с адаптивной системой методов модуляции;
- 1250 Мбит/с Gigabit Ethernet;
- 10 Гбит/с 10Gigabit Ethernet.

Из оборудования компании “ДОК” представителем является радиорелейная система PPC-350 (таблица 1.5). Беспроводной мост PPC-350 способен передавать данные на скорости до 350 Мбит/с в диапазонах

миллиметровых длин волн 40,5-43,5 ГГц (Q-band) и 71-76/81-86 ГГц (E-band). Радиомост работает в режиме full-duplex, т.е. передает данные со скоростью 350 Мбит/с в обе стороны.

Особенность радиорелейной системы РРС-350 состоит в возможности адаптировать свою скорость к текущим погодным условиям.

Радиомост РРС-350 способен самостоятельно регулировать скорость передачи данных в зависимости от количества осадков в режиме реального времени. Таким образом, в ясную погоду скорость максимальна - 350 Мбит/с. Во время ухудшения погодных условий, то есть в сильный дождь, емкость канала уменьшается до 80 Мбит/с.

Таблица 1.5 – Технические характеристики радиорелейной системы РРС-350

Частотный диапазон	40.5-43.5 ГГц [Q-band]	71-76/81-86 ГГц [E-band]
Скорость передачи данных	До 350 Мбит/с Full duplex	До 350 Мбит/с Full duplex
Максимальная дистанция для антенн 600мм в ясную погоду	Более 20 км	Более 20 км
Выходная мощность передатчика	20dBm	20dBm
Чувствительность приёмника	-79dBm	-77dBm
Коэффициент усиления антенн 300/450/600 мм	38/42/44 dBi	45/49/51 dBi
Входное напряжение	36 – 60 В	36 – 60 В
Потребляемая мощность	35 Вт [+60Вт при включенном внутреннем подогревателе]	35 Вт [+60Вт при включенном внутреннем подогревателе]

1.2.2 Зарубежные ЦРРС

На мировом рынке связи себя зарекомендовало множество компаний-производителей оборудования связи разных стран. Основные из них: SAF Tehnika(Латвия), Alcatel-lucent(Франция), Nec(Япония), Ericsson(Швеция), Alcoma(Чехия), Fastback networks(США), Comba(Китай), Ceragon и Siklu(Израиль). Каждая из компаний обладает линейкой оборудования,

позволяющая реализовать связь на местных, внутризонавых и магистральных участках.

Компания Ericsson разработало радиорелейное оборудование Mini-Link CN 210. Это компактное внутреннее решение средней пропускной способности для организации последней мили. Поддерживает работу в сетях операторского класса IP и LTE, а также дает возможность создания многоуровневой сети Ethernet.

Будучи компактным и простым в установке, устройство CN 210 позволяет максимально эффективно использовать такие ресурсы как: пространство, время и средства при построении магистральных сетей, а полная совместимость оборудования Mini-Link CN 210 со всеми моделями Mini-Link TN и Mini-Link PT обеспечивает возможность интегрировать, расширять или модернизировать существующие сети.

Характеристики:

- Емкость: до 425 Мбит/с для Ethernet трафика;
- До 16xE1 для PDH трафика;
- C-QPSK – 256QAM;
- Встроенный Ethernet L2 switch;
- Совместимы с Mini-Link TN (MMU2 H/MMU2 D) и всеми типами RAU;
- Бесобрывная адаптивная модуляция;
- Интерфейсы: Ethernet: 2x10/100/1000 BASE-T и 2 x SFP;
- PDH: 16xE1 120/75 Ohm;
- O&M/Site LAN: 1 FE порт;
- User I/O: 4 Input + 2 Output.

Линия РРЛ продукции SAF CFQ (класса SDH) является системой точка-точка для передачи данных с высокой пропускной способностью (вплоть до 155 Mbps). Продукты из семейства CFQ (таблица 1.6) обеспечивают высокоскоростную передачу данных, гибкость конфигурации, дополнительные возможности и удобство в пользовании для сетей коммуникации. Система соединения серии CFO представляют собой новую линию продукции, которая создана для универсального применения как на PDH, так и на SDH платформах. Благодаря передовой технологии платформа обеспечивает широкий спектр возможностей для пользователей в настоящем и будущем.

Оборудование серии CFQ основано на общей платформе с целью обеспечения поддержки широкой разновидности сетевых интерфейсов и конфигураций, включая 16xE1, 32xE1, E3, 1 или 2x100Base-T(X) Ethernet и многие комбинации из упомянутых, а также 1xSTM-1. Радиоаппаратура легко конфигурируется по скорости передачи данных, что позволяет интернет провайдерам или владельцам сетей получить наилучшее сочетание благодаря спектральной эффективности и доступности каналов для организации оптимальной коммуникации в сети. CFQ позволяют сетевым операторам

(мобильным и фиксированным), государственным институциям и провайдерам услуг доступа предложить набор защищенных, масштабируемых беспроводных решений для передачи данных, цифрового видео и голоса.

Система CFQ состоит из интерфейсного блока (SD- IDU) и радио блока (ODU). CFQ-SD-IDU разработан таким образом, чтобы быть независимым от частоты, а CFQ ODU - от потока трафика. CFQ-SD-IDU позволяет выбрать различные варианты пропускной способности, типы модуляций, радиочастотные каналы и выходную мощность. Это обеспечивает гибкость при работе на всех коммерчески используемых емкостях потоков. CFQ радио (ODU), который устанавливается вне помещения, поддерживает диапазоны частот от 7 до 38 GHz.

CFQ-SD-IDU поддерживает защитный механизм 1+0 и 1+1, а также кольцевую архитектуру в одном 1U корпусе. Функции модема и подачи питания поддерживаются с помощью заменяемых подключаемых модулей. CFQ-SD-IDU с защитным механизмом 1+0 легко преобразуется в защищенную конфигурацию 1+1 или регенератор (east/west repeater) с помощью второго модуля подачи питания (PS) и модуля промежуточной частоты/модема (IF/BSP).

Система управления цифрового радио серии CFQ поддерживает функции по эксплуатации, администрированию и подготовке к работе.

Таблица 1.6 – Технические характеристики радиорелейной системы CFQ

CFQ ODU	Модели			
	CFQ-7	CFQ-13	CFQ-18	CFQ-38
Модель модема	Q07RFM01	Q13RFM01	Q18RFM01	Q38RFM01
Вид модуляции	QPSK, 16/32/128-QAM			
Пропускная способность	До 155 Мбит (STM-1)			
Разделение каналов, МГц	28			
Промежуточная частота, МГц	Передача/прием: 350/140			
Стабильность частоты, ppm	+/- 13			
Остаточный коэффициент ошибок BER	<10e ⁻¹²			
Соответствие стандартам	Параметры соответствуют рекомендациям ETSI EN 301 129 V1.1.2 (1999-05)			
Выходная мощность передатчика, дБм	24	22	19	14
Приращение выходной мощности, дБм	0.1	0.1	0.1	0.1
Аттенюатор выходной мощности, дБм	от +10 до +24	от +5 до +22	от +5 до +19	от 0 до +14
Гарантированные значения чувствительности приемника, дБм	-			
Частота появления ошибочных битов 10 ⁻⁶	-67	-66	-65	-64

Продолжение таблицы 1.6

CFQ ODU	Модели			
	CFQ-7	CFQ-13	CFQ-18	CFQ-38
Частота появления ошибочных битов 10^{-3}	-71	-70	-69	-68
Волноводный фланец	UBR 84	UBR 140	UBR 220	UBR 320
Максимальная выходная мощность на порт антенны	+10 дБм			
Поляризация антенны	Вертикальная и горизонтальная			
Установка антенны	Напрямую или через волноводный кабель			

Одним из зарекомендовавших себя на рынке телекоммуникаций являются японские производители радиорелейного оборудования компания “NEC”. Чтобы обеспечить надежные цифровые линии доступа и полностью использовать потенциал сквозных новых, перспективных сетей, корпорация NEC разработала продукт Pasolink NEO, который представляет собой узкополосную двухточечную цифровую радиорелейную систему, работающую в радиочастотных (RF, РЧ) диапазонах: 6/7/8/11/13/15/18/23/26/28/32/ 38/52 ГГц.

Эта система удовлетворяет постоянно возрастающий спрос на услуги цифровой передачи; она удовлетворит потребность в линиях доступа для общественной службы связи, в выделенных каналах, сетях для городских районов, сетях для сельских районов, а также во временных сетях и сетях для чрезвычайных ситуаций - с целью передачи данных и сообщений.

Оборудование Pasolink имеет очень высокие рабочие характеристики и вместе с тем - большую гибкость системы; его легко устанавливать; его надежность проверена в реальных условиях эксплуатации. Система PASOLINK NEO предоставляет интерфейсы типов PDH (плезиохронная (т.е. “почти синхронная”) цифровая иерархия), SDH (синхронная цифровая иерархия) и LAN (локальная вычислительная сеть, ЛВС).

Передаются следующие сигналы: 4 - 48 x E1, 1 - 2 x E3, 1 - 2 x STM-1, 2/4 x 10/100 Base-T(X) и сигналы GbE (Гигабит-Ethernet). Системы состоят из антенн, а также из двух блоков - наружного блока ODU (размещаемого вне здания) и комнатного блока IDU, причем последние - те же, что и в серии систем Pasolink. Эти блоки соединены коаксиальным кабелем - своим для каждого РЧ канала. Имеются следующие типы конфигурации: незащищенная (1+0) и защищенная (1+1). Защищенная конфигурация имеется для типов: “спаренный путь” (twin-path) и “горячий резерв”.

Pasolink NEO/c (или NEO/compact) является бюджетным решением для операторов связи, как в ценовом, так и в техническом отношении (таблица 1.8). Максимальная емкость в стволе – 40 Мбит/с (таблица 1.7), с выбором модуляции QPSK или 16QAM (в зависимости от проектирования линии). Опциональная карточка 10/100Base-T делает решение интересным для фиксированных и корпоративных операторов [5].

Таблица 1.7 – Выбор пропускной способности

Пропускная способность, Мбит/с	5Е1	10Е1	16Е1
Способ модуляции	канальный интервал, МГц		
QPSK	7	14(13,75)	28(27,5)
16QAM	3.5	7	14(13,75)

NEO/compact удовлетворяет постоянно возрастающий спрос на услуги цифровой передачи; она удовлетворит потребность в линиях доступа для общественной службы связи, в выделенных каналах, сетях для городских районов, сетях для сельских районов, а также во временных сетях и сетях для чрезвычайных ситуаций - с целью передачи данных и сообщений.

Таблица 1.8 – Сравнение характеристик оборудования Neo и Neo/c

Категория	Частота	Пропускная способность	Интерфейс трафика
Pasolink NEO/c	7/8/13/15/18/23/26/38 ГГц	5x2, 10x2, 16x2 Мбит/с	E1, 10/100BASE-T(X) (1+1/1+0 расширяемый)
Pasolink NEO	6/7/8/13/15/18/23/26/28/32/38/52 ГГц	5x2, 10x2, 16x2, 40x2, 48x2, 155, 155x2 Мбит/с	E1, E3, STM-1, 10/100BASE-T(X), 1000BASE-SX/TX/T

Перспективные технологии и превосходные характеристики:

- 1) высокая надежность и качество;
- 2) превосходная средняя наработка на отказ (показатель MTBF), подтвержденная испытаниями в реальных условиях;
- 3) 10 Base-T (на неэкв. витой паре) / 100 Base-TX (две кабельные пары). Аппаратура Neo/c имеет высокую гибкость системы:
 - 1) конфигурации: (1+0) незащищенная и (1+1) защищенная;
 - 2) для 1+1 системы имеются типы: горячий резерв, пространственное разнесение, “спаренный путь”;
 - 3) комнатный блок IDU обычно используется для частот 7 - 38 ГГц;
 - 4) изменяемая скорость передачи данных на одном и том же комнатном блоке IDU;
 - 5) модуляция в комнатном блоке IDU устанавливается программным путем: QPSK/ 16QAM;
 - 6) общий наружный блок ODU для интерфейсов: PDH/ LAN;
 - 7) широкий диапазон питающего напряжения: -от 40.5 до -57 В пост. тока. Имеется интерфейс питания $\pm(20 - 60)$ В пост. тока при использовании дополнительного блока.

Таблица 1.9 – Технические характеристики радиорелейной системы Neo/c

Частота, ГГц	7/8	13	15	18	23	26	38
Частотный диапазон, ГГц	7,125-8,5	12,75-13,25	14,2-15,35	17,7-19,7	21,2-23,6	24,25-26,5	37,0-40,0
Схема модуляции	Фиксированная QPSK/QPSK или 16QPSK						
Разделение каналов, МГц	QPSK: 7(5E1), 14(10E1), 28(16E1) 16QPSK: 3,5(5E1), 7(10E1), 14(16E1)						
Конфигурация системы	1+0, 1+1(HS/SD), 1+1(FD)						
Мощность передатчика, дБм	-						
PDH/QPSK	27	25	23	23	23	20	15
PDH/16QAM	21	19	17	17	17	14	11
Коэффициент системы, дБ	-						
QPSK 16xE1	110,0	108,0	106,0	105,0	104,0	100,5	96,5
10xE1	113,0	111,0	109,0	108,0	107,0	103,5	98,5
5xE1	116,0	114,0	112,0	111,0	110,0	106,5	101,5
16QAM 16xE1	100,5	98,5	96,5	95,5	94,5	91,0	87,5
10xE1	103,5	101,5	99,5	98,5	97,5	94,0	90,5
5xE1	106,5	104,5	102,5	101,5	101,5	97,0	93,5
МТРС диапазон (шаг 1дБ)	-						
QPSK	-30 дБ до 0						-25 дБ до 0
16QAM	-24 дБ до 0						
АТРС диапазон (шаг 1дБ)	-						
QPSK	-30 дБ до 0						-25 дБ до 0
16QAM	-24 дБ до 0						
Служебный канал	2xRS232C(9,6кбит/с ASYNC), 1xV.11(9,6кбит/с ASYNC), 1xV.11(64кбит/с ASYNC Contra/Co-directional)						
Размер антенны, м	0,3/0,6/0,8(0,9)/1,2 и 1,8						
Климатические условия	IDU: -5 ^{°C} до +50 ^{°C} (максимально от -10 ^{°C} до +55 ^{°C}) ODU: -33 ^{°C} до +50 ^{°C} (максимально от -40 ^{°C} до +55 ^{°C})						
Соединяющий разъем, импеданс кабеля и его длина (IDU-ODU)	ODU сторона: N тип, розетка, 75/120 Ом (коаксиал), IDU: BNC тип, розетка, 75/120 Ом (коаксиал), до 300м.						
Интерфейсы	E1 D-sub коннектор: 75/120 Ом 10/100Base-T(X): RJ45 (1+1/1+0 расширяемый) BNC интерфейс (опционально)						
Потребление	1+0: 40 Вт 1+1: 80 Вт						
Требование по питанию	-48 В DC (-40,5 до -57 В DC)						

Полный набор антенн серии Pasolink включает антенны с диаметрами от 0.3 до 1.8 м для различных комбинаций (таблица 1.10). Они спроектированы так, что удовлетворяют самым строгим требованиям по механической жесткости. Все антенны Pasolink (с диаметром от 0.3 до 1.8 м) можно монтировать непосредственно на блоке ODU (рисунок 1.1) при конфигурации (1+0).

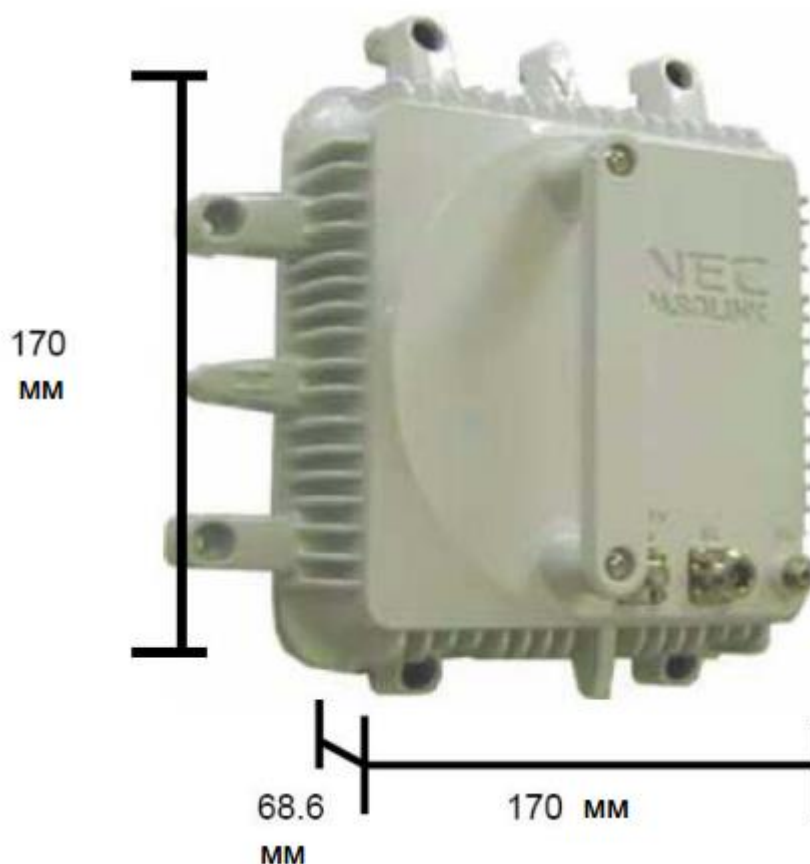


Рисунок 1.1 – Наружный блок

Соответственно, снижаются затраты, повышается надежность; установка становится быстрее и проще. Структура монтажа системы Pasolink на штанге позволяет менять блок ODU, не снимая антенну и крепежный кронштейн, т.е. сохраняя ориентировку антенны. Рефлекторы антенн покрыты белой диффузионной краской, а детали конструкции – горячим гальваническим покрытием.

Оборудование обеспечивается питанием через блок питания. Номинальное напряжение блока питания равно -48 В DC (пост. тока). Однако, с помощью дополнительного блока все оборудование может питаться номинальным напряжением +24 В.

Таблица 1.10 – Выбор антенны по характеристикам

Диапазон частот, ГГц	Диаметр, м	Типичные характеристики			
		Усиление в средн. диап., дБ	Коэф. обрат. изл., дБ	XPD	KCBH
11	0,6	34,1	61	30	1,3
	1,2	40,2	67	30	1,3
13	0,3	31,0	61	30	1,3
	0,6	35,2	61	30	1,3
	0,8	37,8	63	30	1,3
	1,2	41,5	67	30	1,3
15	0,3	31,1	53	30	1,3
	0,6	36,3	58	30	1,3
	0,8	38,9	61	30	1,3
	1,2	42,5	70	30	1,3
	1,8	46,0	71	30	1,3
18	0,3	33,3	55	30	1,3
	0,6	38,6	60	30	1,3
	0,8	41,0	63	30	1,3
	1,2	44,6	67	30	1,3
	1,8	48,0	70	30	1,3

Основные технические достоинства оборудования Nec:

- превосходные характеристики радиоканала - самый высокий в классе System Gain с поддержкой адаптивной модуляции;
- универсальность - iPasolink может работать с любым типом трафика: TDM, ATM, Ethernet;
- богатый функционал - поддерживаются все стандарты, необходимые для обеспечения надежной передачи данных;
- гибкость — модульный дизайн позволяет создавать транспортные сети любой конфигурации;
- компактность;
- энергоэффективность - несмотря на свою высокую производительность, оборудование потребляет удивительно мало энергии.

На основе множества положительных технических качеств, выделяющие оборудование японской компании Nec на рынке связи, дальнейшее проектирование было решено производить на оборудовании данной фирмы. От официального дилера была получена полная информация о данном оборудовании. Линейка оборудования компании “NEC” имеет бюджетный вариант в виде оборудования Neo/c, которое соответствует всем необходимым параметрам для проектируемой сети. Меньшая стоимость бюджетного варианта позволит сэкономить на затратах.

1.3 Влияние электромагнитной совместимости телекоммуникационного оборудования

Способность радиоэлектронного средства (РЭС) функционировать в реальных условиях эксплуатации с требуемым качеством при воздействии на него непреднамеренных помех, не создавая при этом радиопомех другим РЭС. Проблема электромагнитной совместимости (ЭМС), прежде всего, с особенностями функционирования РЭС, в состав которых, как правило, входят три основных элемента – радиопередающее, радиоприемное и антенно-фидерное устройства. При этом радиопередающее устройство предназначено для генерирования, модуляции и усиления токов высокой частоты, радиоприемное устройство – для селекции, преобразования, усиления и детектирования электрических сигналов, а антенно-фидерное устройство – для излучения и селекции электромагнитных колебаний радиодиапазона, а также их преобразования в электрические токи.

Каждый из названных элементов РЭС по-своему влияет на ЭМС. Радиопередающее устройство, являющееся источником радиоизлучений, характеризуется следующими параметрами: частота, ширина спектра, мощность, вид модуляции. В структуре излучения радиопередающего устройства выделяют следующие виды излучений: основное, внеполосное и побочное.

С учетом выделенных видов излучения основными параметрами радиопередающих устройств, влияющими на ЭМС, являются: мощность основного излучения, ширина спектра основного излучения, несущая частота (центральная частота спектра основного излучения), диапазон рабочих частот, стабильность передатчика, частоты (ширины полосы частот) и уровни внеполосных и побочных излучений и др.

Вклад радиоприемного устройства в проблему ЭМС РЭС определяется наличием различных каналов приема, как сигналов, так и помех.

Выделяют основной канал приема (минимальная полоса частот, в которой возможно обеспечить качественный прием сообщения с требуемой скоростью) и неосновные каналы приема. Неосновные каналы в свою очередь делятся на соседние (полосы частот, равные основному каналу и непосредственно примыкающие к его нижней и верхней границам) и побочные (полоса частот за пределами основного канала приема, находясь в которой сигнал или помеха проходят на выход радиоприемника). Наличие неосновных каналов приема определяется не только параметрами элементной базы приемного тракта, но и принципами построения радиоприемного устройства.

Из побочных каналов приема наиболее известен так называемый зеркальный канал. Данный канал приема является обязательной принадлежностью супергетеродинных приемников. Отличительной особенностью зеркального канала приема является одинаковая с основным каналом приема чувствительность.

Основными параметрами радиоприемного устройства, влияющими на ЭМС, являются: чувствительность, диапазон рабочих частот, ширина полосы пропускания, значение промежуточной частоты, избирательность, величина ослабления по зеркальному каналу и др.

Рассматривая антенно-фидерное устройство с точки зрения их влияния на ЭМС, отметим, что оно решает задачи пространственной, поляризационной и в определенной мере частотной селекции радиоволн. При этом пространственная селекция осуществляется благодаря направленным свойствам большинства типов антенн, которые характеризуются зависимостью уровня излучаемого или принимаемого излучения от направления. Эта зависимость называется диаграммой направленности. Как правило, диаграмма направленности имеет основной и боковые лепестки излучения (приема).

Возможности антенных систем по поляризационной селекции определяются ее типом. Например, штыревая антенна формирует (принимает) электромагнитное колебание с вертикальной поляризацией, спиральная – с круговой.

Частотная селекция антенн определяется зависимостью ее параметров от частоты излучаемых или преобразуемых радиоизлучений. Параметрами антенно-фидерных устройств, влияющими на ЭМС, являются: ширина диаграммы направленности, уровень боковых лепестков, рабочий диапазон и др. Необходимо отметить, что многие из названных параметров составляют тактико-технические характеристики радиопередающего, радиоприемного и антенно-фидерного устройств.

Таким образом, даже одно РЭС обладает большим количеством параметров и характеристик, определяющих его ЭМС, а обеспечить нормальное совместное функционирование десятков различных РЭС на одном объекте или сотен и тысяч РЭС является серьезной задачей [6],[7].

Для данного проекта будет использоваться диапазон 13 ГГц с антенной 0.3 м. Данный диапазон является эффективным для радиорелейных пролетов до 30 км. На этой частоте будет использована высокоэффективная антенна малых габаритов и маленького веса, что обеспечит относительную дешевизну антенных опор. Доля влияния атмосферной рефракции на устойчивость работы систем уменьшается, но увеличивается влияние гидрометеоров. Так как у нас пролет будет малых размеров, влияние гидрометеоров будет минимально. Влияние соседних РЭС будет в допустимых нормах, из-за малого количества устройств использующих этот диапазон в близкой располагающей местности.

1.3.1 Процедура оформления РЧС

Радиочастотный диапазон – это ресурс, являющийся собственностью государства. Сам по себе он государству нужен для того чтобы извлекать из его использования выгоду. Поэтому для того чтобы пользователи (фирмы, организации, частные лица) могли легально пользоваться этим ресурсом, они

должны за это платить. Государство же контролирует законность использования радиочастот и распределяет их таким образом, чтобы пользователи не мешали друг другу во время работы. Таким образом, каждый нуждающийся в оперативной радиосвязи, получает свои собственные выделенные радиочастоты и имеет право работать на них с разрешенной ему мощностью и полосой (полоса – это промежуток частот, занимаемый при передаче сигнала). Государство выделило небольшие участки радиочастот, работать в которых можно всем желающим – и частным лицам для своих бытовых нужд, и фирмам и организациям для своих потребностей. При этом не надо оформлять разрешение на пользование радиочастотой, и нет необходимости в оформлении разрешения на эксплуатацию радиостанции.

Разрешения на использование радиочастотного спектра (далее – РЧС) оформляются на РЭС, указанные в списке согласно приложению 2 к настоящим Правилам.

Для получения разрешения на использование РЧС Республики Казахстан заявителю необходимо представить в соответствующее территориальное подразделение уполномоченного органа, по месту использования РЧС, заявку на присвоение полос (номиналов) радиочастот в бумажном и электронном виде, либо в уполномоченный орган посредством интернет-ресурса <http://elicense.kz>.

Заявка состоит из следующих документов:

1) заявление установленного образца по форме согласно приложению 3 к настоящим Правилам;

2) пояснительная записка, в которой приводится обоснование запрашиваемой полосы (номинала) радиочастот, где подробно излагаются сведения о назначении и характере планируемой радиосети (радиолинии), используемых стандартах и протоколах, технических характеристиках РЭС, планируемых к применению, схема организации связи;

3) заполненная анкета на РЭС на соответствующий вид радиосвязи по форме согласно приложениям 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 к настоящим Правилам (для судовых станций предоставляется заполненная анкета с указанием технических данных согласно приложению 12 к настоящим Правилам).

В случае, если заявлены полосы (номиналы) радиочастот (по всем видам связи, кроме сетей беспроводного радиодоступа (WLL) свыше 1 ГГц, территориальный орган направляет в течение трех рабочих дней с момента поступления заявку на рассмотрение в организацию (без технического заключения).

В случае, если заявлены полосы (номиналы) радиочастот на сети беспроводного радиодоступа (WLL) свыше 1 ГГц, территориальное подразделение направляет в течение трех рабочих дней с момента поступления заявку на рассмотрение в уполномоченный орган.

Заявленные полосы (номиналы) радиочастот на сети беспроводного радиодоступа (WLL) свыше 1 ГГц рассматриваются уполномоченным органом в течение трех рабочих дней с момента поступления заявки.

Уполномоченный орган по результатам рассмотрения направляет заявку в организацию.

В случае некомплектности заявки либо занятости заявленных полос (номиналов) радиочастот, территориальный орган и (или) уполномоченный орган уведомляют заявителя (если заявка предоставлена на бумажном носителе) в течение двух рабочих дней с момента поступления заявки с обоснованием причин отказа.

Организация после получения от территориального и (или) уполномоченного органа заявки в течение трех рабочих дней с момента поступления проводит процедуру предварительного расчета ЭМС РЭС и ВЧУ, результат которого направляет в территориальный орган и (или) уполномоченный орган [8].

Проведение процедуры согласования не требуется для полос (номиналов) радиочастот:

1) ранее согласованных Министерством обороны, выделяемых уполномоченным органом на основании рекомендаций Межведомственной комиссии по радиочастотам Республики Казахстан;

2) предназначенных для преимущественного использования РЭС гражданскими пользователями, указанных в Национальной таблице как категория “ГР”;

3) судовой станции – разрешение судовой станции на использование радиочастотного спектра, утвержденная Регламентом радиосвязи Международного союза электросвязи;

4) ранее согласованные полосы (номиналы) радиочастот, в случае, если не изменились технические параметры, назначение и место установки РЭС и ВЧУ.

В заключение, в данной главе была описана технология беспроводного доступа. Перечислены операторы услуг беспроводного доступа г.Алматы и произведен обзор предоставляемых услуг. Осуществлен анализ рынка связи и рассмотрено цифровое радиорелейное оборудование различных фирм производителей. Описаны проблемы электромагнитной совместимости оборудования связи и процедура оформления разрешения на использование рчс. Выбрано оборудование и диапазон частот.

2 Разработка функциональной схемы организации связи

2.1 ЦРРЛС г. Алматы – г. Каскелен - Водоочистительная станция

Правильная организация сети является залогом успеха строительства линий связи. Проектируемая сеть состоит из двух оконечных радиорелейных станций (ОРС), соединенных через узловую радиорелейную станцию (УРС). На узловой станции происходит ввод/вывод информационных потоков, что позволяет реализовать новые подключения в окрестности через этот пункт. Организация проектируемой линии связи отображено на рисунке 2.1. Также

расположение станций на карте можно наблюдать на рисунке А.1 приложения А.

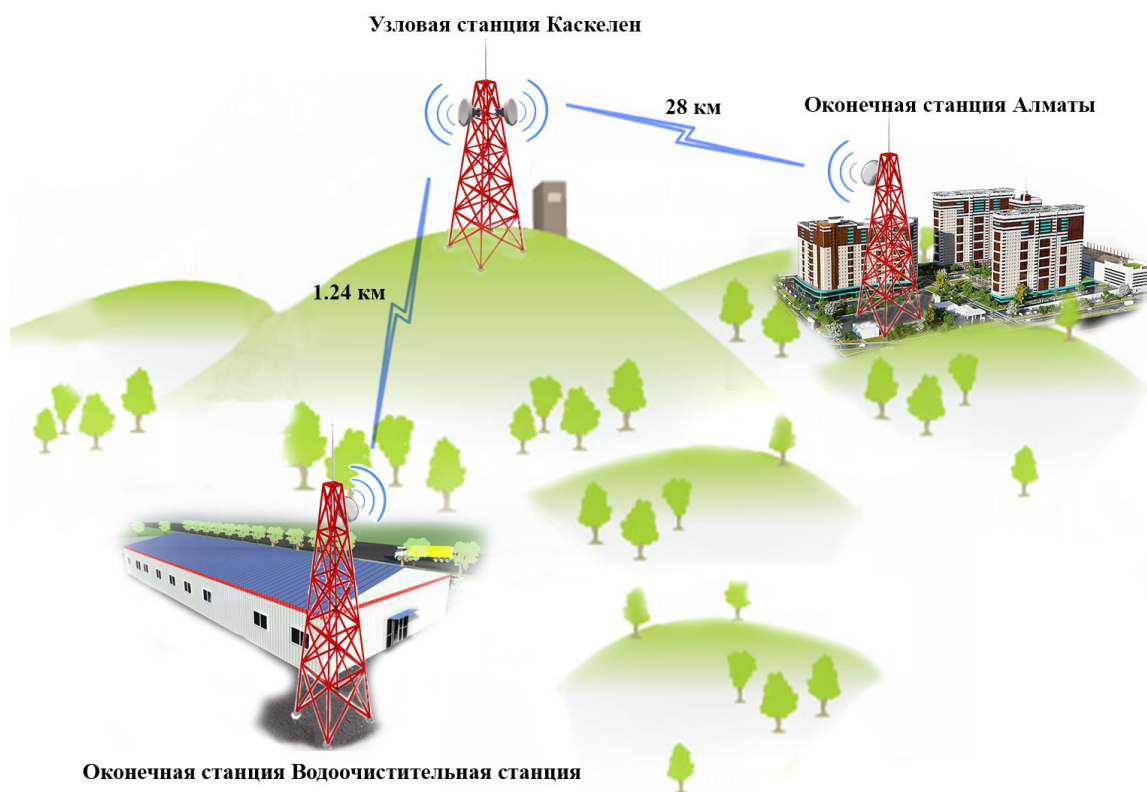


Рисунок 2.1 - Структурная схема организации сети

На ОРС в г.Алмате будет организован ввод информационных потоков, которые позволят предоставить услуги телефонии и доступа интернет (рисунок 2.2).

На данных станциях будет установлено цифровое радиорелейное оборудование. Для установки связи между оконечными станциями, аппаратура на узловой станции будет соединена транзитным интерфейсом (рисунок 2.3).

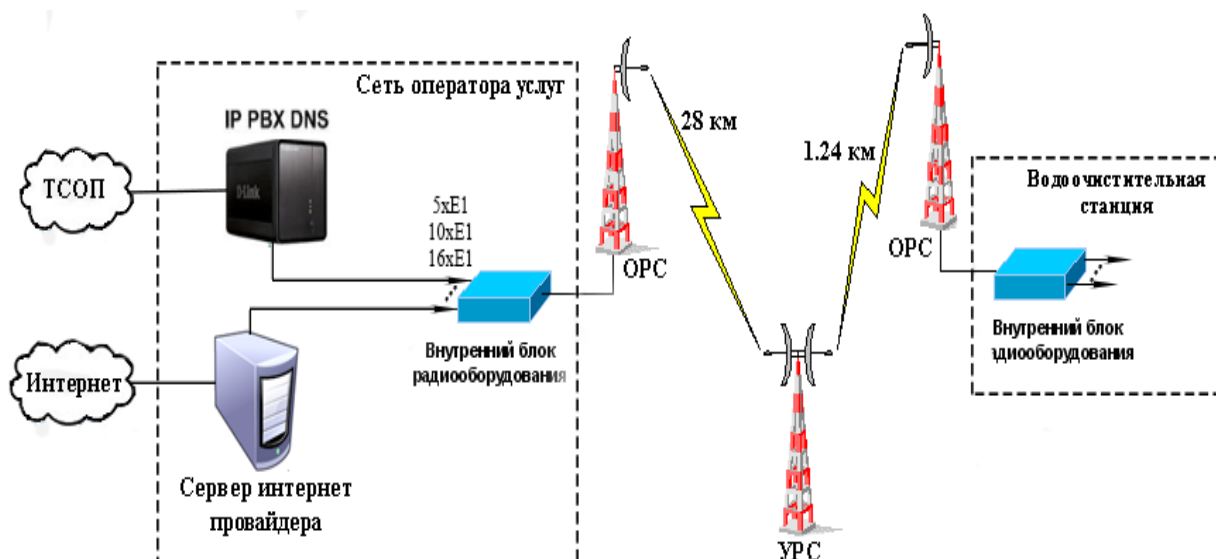


Рисунок 2.2 - Схема сети ЦРРЛ со стороны оператора услуг



Рисунок 2.3 - Функциональная схема сети ЦРРЛ

Расположение антенны и элементов сети (3 компьютера, 3 телефона) на оконечной станции “Водоочистительная станция” можно наблюдать на рисунке 2.4.

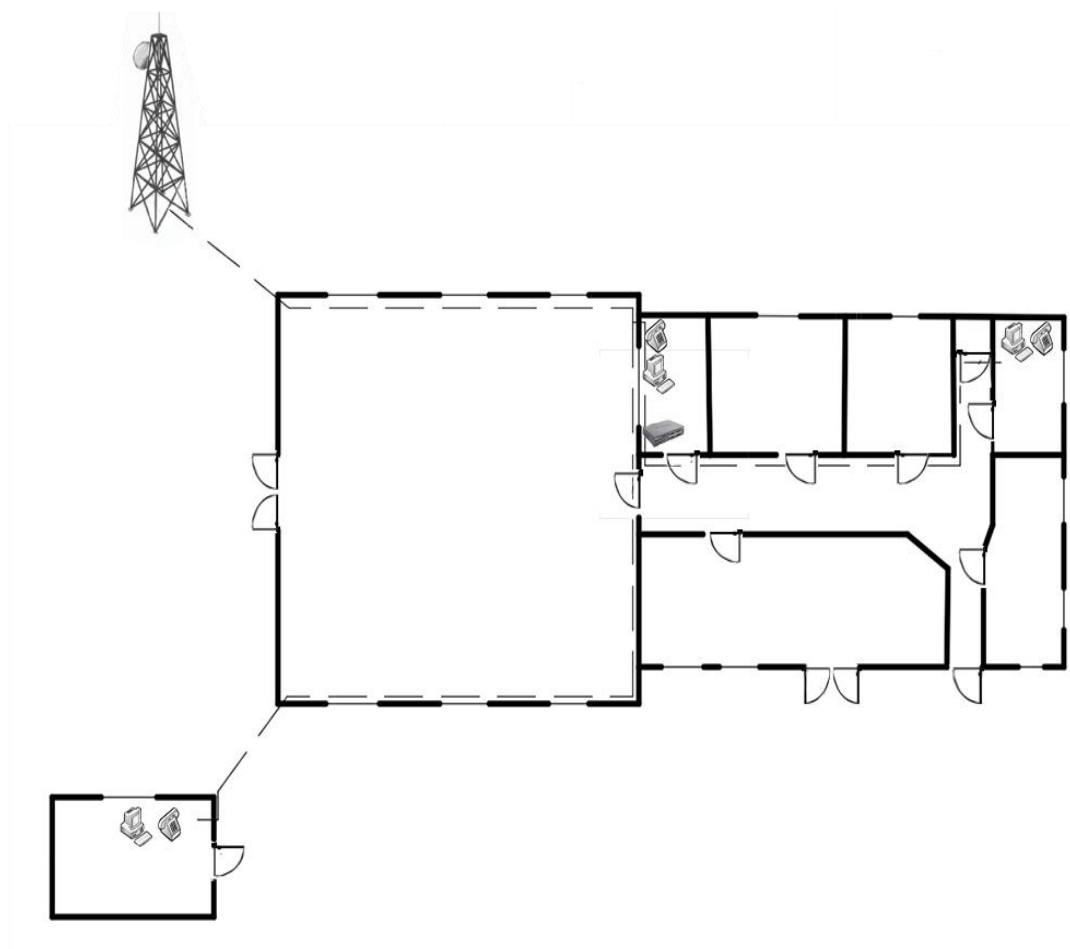


Рисунок 2.4 - План-схема объекта “Водоочистительная станция”

На рисунке 2.4 можно также наблюдать расположение соединительных кабелей, которые обозначены пунктирной линией.

2.2 Внутрипроизводственная связь. Видеонаблюдение

На данном объекте находится стратегически важное оборудование, наблюдение за которым очень важно. Для контроля местности и в случае происшествий для установления возможной причины, было принято организовать видеонаблюдение (рисунок 2.5).

Чтобы произвести установку видеонаблюдения необходимо:

- 1) видеорегистратор RVi-HDR04LA-C (таблица 2.1);
- 2) камеры Axis P1364 (таблица 2.2);
- 3) монитор с VGA кабелем;
- 4) кабели для подключения камер к регистратору, блоку питания и патчкорд для соединения его с роутером;
- 5) съемный жесткий диск для установки в регистратор и записи;
- 6) источник питания для камер и регистратора.

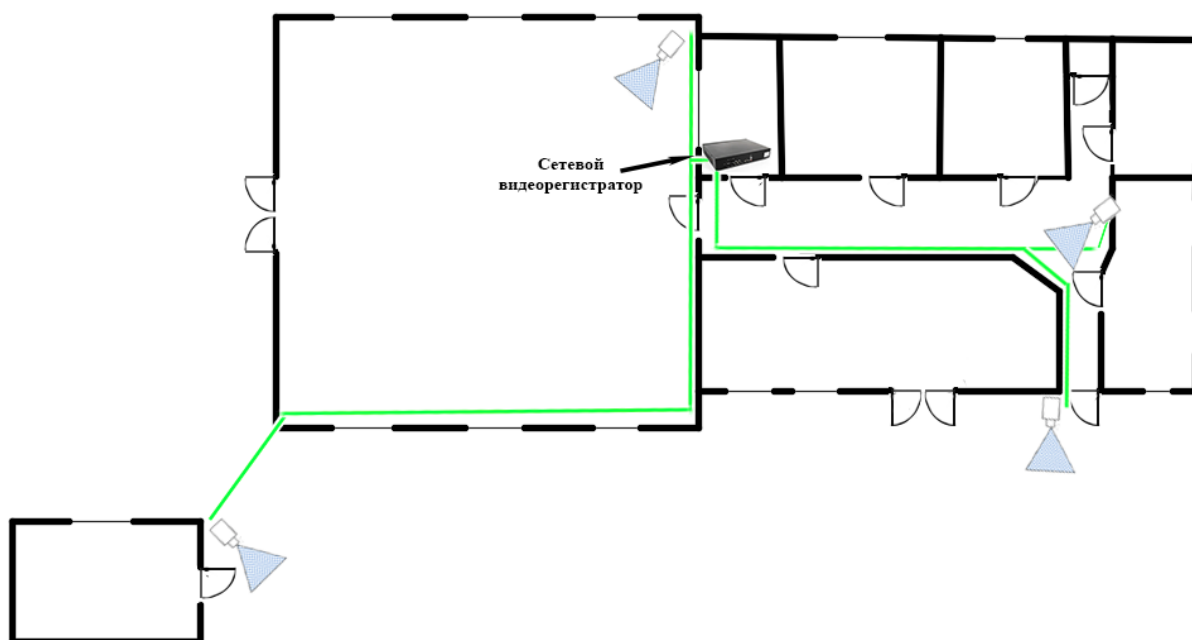


Рисунок 2.5 - План расположения камер на объекте

Таблица 2.1 - Характеристики видеорегистратора RVi-HDR04LA

Категория	Значение
Количество каналов	4
Формат сжатия видео	H.264
Видеовходы	1 HDMI, 1 VGA
Разрешение VGA/HDMI	1920x1080, 1280x1024, 1280x720, 1024x768
Количество аудио вх./вых	1 вх (RCA) / 1 вых (RCA)
Максимальное разрешение записи аналоговых камер	960x576
Максимальное разрешение записи IP-видеокамер	1920x1080
Максимальное разрешение записи камер формата HDCVI	1920x1080
Разрешение и скорость записи (HDCVI/IP/Аналог)	HDCVI: 1920x1080, 48 к/с или 1280x720, 100к/с; IP: 2 канала до 2 МП до 8 Мб/сек суммарно (замещение аналоговых); Аналоговый сигнал (PAL): 960x576, 100 к/с
Количество, тип, максимальный объем HDD	1x 3,5" HDD (SATA3 до 4 Тб)
USB интерфейс	2 x USB 2.0
Сетевой интерфейс	10Base-T/100Base-TX Ethernet порт

Продолжение таблицы 2.1

Категория	Значение
Сетевые протоколы	HTTP, IPv4/IPv6, TCP/IP, UPNP, RTSP, UDP, SNMP, SMTP, NTP, DHCP, DNS, PPPOE, DDNS, FTP, IP Фильтр
Сетевые инструменты	Web – интерфейс, ПО RVi-Оператор
Дополнительно	RS-485
Питание	12В DC, до 10 Вт без HDD
Габаритные размеры	260x220x40 мм
Вес	750 г без HDD

Таблица 2.2 - Характеристики камеры Axis P1364

Наименование	Описание
Изображение	КМОП, 1/3", прогрессивная развертка, RGB
Объектив	ИК фильтр, объектив CS-mount, диафрагма P-iris С переменным фокусным расстоянием 2,8–8,5 мм, F1,2 Горизонтальный угол обзора: 92.3°–33.3° Вертикальный угол обзора: 67.9°–24.7°
Режим День/Ночь	Автоматически управляемый инфракрасный фильтр
Минимальная освещенность	Цвет: 0,1 лк; ч/б: 0,01 лк, F1,2 HDTV 720p, 50/60 кадр/с; Цвет: 0,4 лк; ч/б: 0,02 лк, F1,2
Скорость срабатывания затвора	От 1/28 000 с до 2 с при 50 Гц От 1/33 500 с до 2 с при 60 Гц
Панорамирование, наклон и масштабирование	Цифровое PTZ-управление, загружаемый драйвер PTZ (предустановленный Pelco D)
Сжатие видео	Профили Baseline, Main и High кодека H.264 (MPEG-4, часть 10/AVC), Motion JPEG
Разрешение	HDTV 720p, 25/30 кадр/с (с WDR): от 1280 x 960 до 160 x 90 HDTV 720p, 50/60 кадр/с (без WDR): от 1280 x 960 до 160 x 90
Частота кадров	До 50/60 кадр/с (50/60 Гц)
Передача видеопотока	Передача нескольких отдельно настраиваемых потоков в форматах H.264 и Motion JPEG Технология Axis Zipstream при использовании H.264 Контролируемая частота кадров и трафик VBR/MBR H.264

Продолжение таблицы 2.2

Наименование	Описание
Передача нескольких видеопотоков	До 8 отдельных фрагментов общего изображения
Настройки изображения	Регулировка сжатия, цвета, яркости, четкости, контраста, баланса белого, экспозиции и участков экспонирования; широкий динамический диапазон WDR-Forensic Capture: до 120 дБ в зависимости от объекта съемки; тонкая настройка действий при слабом освещении; поворот: 0°, 90°, 180°, 270°, включая коридорный режим Corridor Format; наложение текста на изображение; маска закрытых зон; зеркальное отражение изображений

У видеорегистраторов есть возможность подключения интернета напрямую, но в проекте он будет соединен через роутер TP-Link WR740N (таблица 2.3) – так проще настроить работу с сервисами DDNS для просмотра через интернет и вообще доступ к нему из локальной сети.

Таблица 2.3 - Характеристики TP-Link WR740N

Характеристика	Описание
Интерфейс	4 порта LAN 10/100 Мбит/с 1 порт WAN 10/100 Мбит/с
Кнопки	Кнопка быстрой настройки защиты (WPS) Кнопка перезагрузки
Антенна	5 дБи фиксированная всенаправленная антенна
Внешний источник питания	9В пост. тока / 0,6А
Стандарты беспроводной передачи данных	IEEE 802.11n*, IEEE 802.11g, IEEE 802.11b
Размеры (ШхДхВ)	174 x 118 x 33 мм
Диапазон частот (приём и передача)	2400-2483,5 МГц
Скорость передачи	11n: до 150 Мбит/с (динамическая) 11g: до 54 Мбит/с (динамическая) 11b: до 11 Мбит/с (динамическая)

Продолжение таблицы 2.2

Характеристика	Описание
Чувствительность (приём)	130М: -68 дБм при 10% PER 108М: -68 дБм при 10% PER 54М: -68 дБм при 10% PER 11М: -85 дБм при 8% PER 6М: -88 дБм при 10% PER 1М: -90 дБм при 8% PER
EIRP (Мощность беспроводного сигнала)	< 20 дБм или < 100 мВт
Функции беспроводного режима	Включить/Отключить трансляцию, WDS мост, WMM, Статистика
Защита беспроводной сети	64/128/152-бит WEP / WPA / WPA2, WPA-PSK / WPA2-PSK
Параметры окружающей среды	Рабочая температура: 0°C~40°C Температура хранения: -40°C~70°C Влажность (рабочий режим): 10%~90% без конденсации Влажность (при хранении): 5%~90% без конденсации

Выбор оборудования упрощается тем, что на рынке телекоммуникаций имеются готовые комплекты из видеорегистраторов, камер и необходимых кабелей подключения к ним. В комплекты входят также специальные приложения для работы с камерами через ПК и мобильные устройства. В таких комплектах все устройства гарантированно совместимы между собой, то есть не нужно думать о совместимости оборудования и возможных конфликтах, а также о нахождении необходимого программного обеспечения для работы.

Для осуществления работоспособной системы необходимо правильно соединить и настроить все оборудование. Для этого:

- 1) Видеокамеры подключаются кабелями к регистратору (рисунок 2.6).

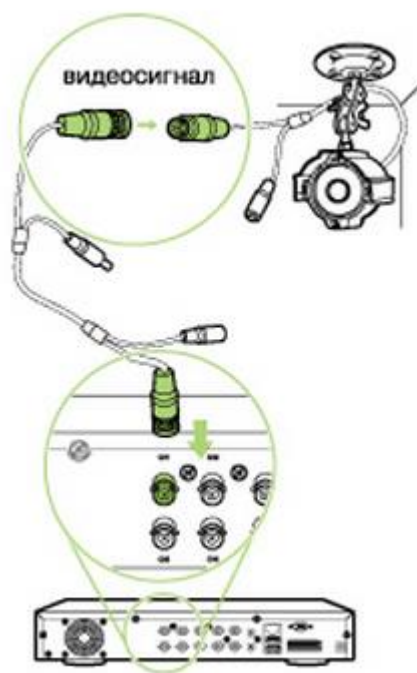


Рисунок 2.6 - Подключение камеры

2) Подключить питание камер другим кабелем – к блоку питания. В некоторых комплектах кабель используется комбинированный – сигнал+питание. В таком случае у кабеля с каждой стороны кабеля имеется разъемы питания и видеосигнала. Со стороны камеры разъемы на кабеле соединяются с ответными разъемами на камере. Со стороны рекордера сигнальный разъем подключается к видеовходу рекордера, а разъем питания – к блоку питания.

3) К регистратору подключаем по VGA отдельно стоящий монитор (рисунок 2.7) для того, чтобы картинка с камер происходящего постоянно была на виду. Также он понадобится для ввода настроек записи и подключения к локальной сети.

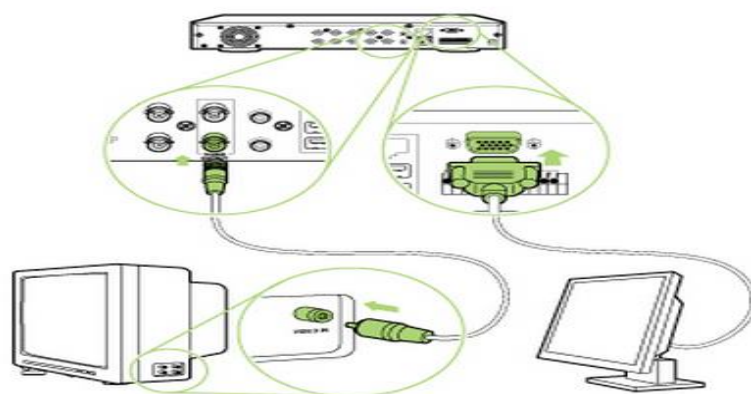


Рисунок 2.7 - Подключение для вывода видео на экран

4) Далее видеорегистратор подключаем патчкордом к роутеру (рисунок 2.8), с которого мы получаем интернет, или напрямую вставляем в него кабель от провайдера.



Рисунок 2.8 - Подключение видеорегистратора к сети интернет

5) Дополнительно можно также еще подключить в соответствующий аудио-вход микрофон. В итоге должна будет получиться полноценная система видеонаблюдения (рисунок 2.9).

Необходимым условием работы система видеонаблюдения является правильный расчет полосы пропускания. При разработке системы видеонаблюдения надо учитывать и другие факторы, к ним относятся: количество камер, используемое разрешение изображения, тип и уровень сжатия, частоту кадров и сложность объекта. Для расчета пропускной способности была использована программа AXIS Design Tool. AXIS Design Tool - это полезный инструмент для оценки потребностей в пропускной способности и устройствах хранения данных. С помощью этой программы было смоделирована система (рисунок 2.10) из 4 видеокамер Axis P1364, с предустановленными параметрами качества записи(разрешение, формат кодирования, частота кадров и пр.). Из полученных данных было установлено что необходимый поток на 1 камеру составляет 550 кбит/с, что в сумме всех камер дает 2,2 мбит/с.

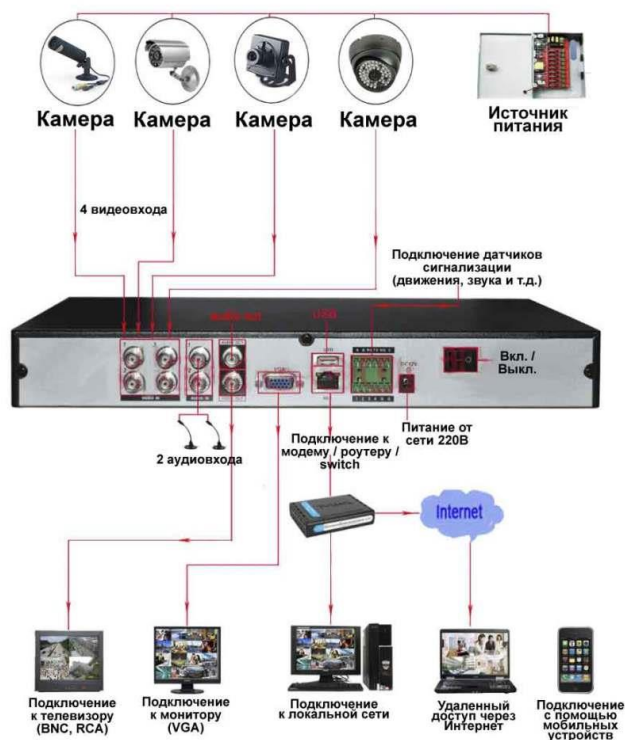


Рисунок 2.9 - Функциональная схема видеонаблюдения

Имя	Модель	Количество	Сценарий
Водоочистительная станция	AXIS P1364	4	Лестница

Профиль: Пользовательские ...

	<input checked="" type="checkbox"/> Просмотр	<input checked="" type="checkbox"/> Непрерывная запись	<input type="checkbox"/> Запись событий
Частота кадров	12	12	30
Разрешение	SVGA	SVGA	VGA
Кодирование видео	H.264	H.264	H.264
Сжатие	30	30	30
Звук	Вкл.	Вкл.	Откл.
Запись		24 h	20%
Полоса пропускания	550 KBit/s	550 KBit/s	0 Bit/s

Рисунок 2.10 - Моделирование в программе AXIS Design Tool

2.3 Мониторинг, диагностика показателей ЦРРЛС

При предоставлении связи определенного качества необходимо постоянно наблюдать за характеристиками сети. В таком случае используется специальное программное обеспечение для мониторинга сети. В данном случае используется программа разработанная компанией Nec (рисунок 2.11) для слежения за оборудованием их производства. Система управления сетью Pasolink – версия Java (PNMSj) образует удобную среду пользования для

пользователя, что упрощает мониторинг, контроль, конфигурирование и управление радиорелейными сетями семейства Pasolink.

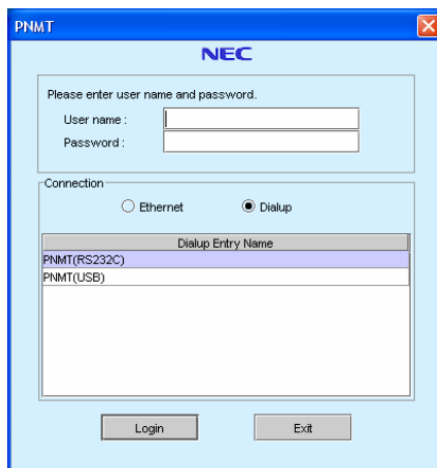


Рисунок 2.11 - Окно входа в систему управления PNMSj

Комплексная программа PNMSj обладает следующими качествами:

- 1) Наблюдение за состоянием цифрового радиорелейного оборудования производства Pasolink;
- 2) Управление, изменение конфигурации цифрового радиорелейного оборудования производства Pasolink;
- 3) Осуществление обработки информации о текущих характеристиках линии связи;
- 4) Обновление конфигурации радиорелейной сети семейства Pasolink.

Важными элементами программы управления NMS в сети Pasolink являются:

– центральный компьютер управления сетью Pasolink. Система PNMSj расположена на центральном или региональном операционном центре и позволяет сетевым операторам вести мониторинг и управление элементами (NE) сети семейства Pasolink; делать это можно с помощью большинства имеющихся веб-браузеров. Система PNMSj предоставляет одну точку доступа, из которой можно вести непрерывные мониторинг и управление всей сетью. Программное обеспечение (ПО) системы PNMSj содержит планы сети и ее подсетей; это обеспечивает быстрый и легкий обзор всей сети;

– использование мобильного терминала управления. При осуществлении технического обслуживания, предоставляется переносной терминал PNMTj. Он подразумевает наличие переносного компьютера с операционной системой и установленной упрощенной версии программного обеспечения для управления сети Pasolink. Терминал такой конфигурации может выполнять мониторинг и управление для одной линии Pasolink. любая линия сети, подсоединяемая через посредство цифрового сервисного канала, может контролироваться и управляться дистанционно с ноутбука.

Функция управления Pasolink реализована в модуле Main board (главная плата) комнатного блока Pasolink IDU. Она обеспечивает связь между

терминалом Pasolink и системой управления сетью. Кроме того, она собирает данные о событиях и характеристиках в блоках оборудования Pasolink и запоминает их. Эти блоки могут связываться друг с другом через один из сервисных каналов, чтобы из одной единственной точки доступа иметь удаленный доступ к любой станции Pasolink в сети. На рисунке 2.12 представлена концепция системы управления NMS для сети Pasolink.

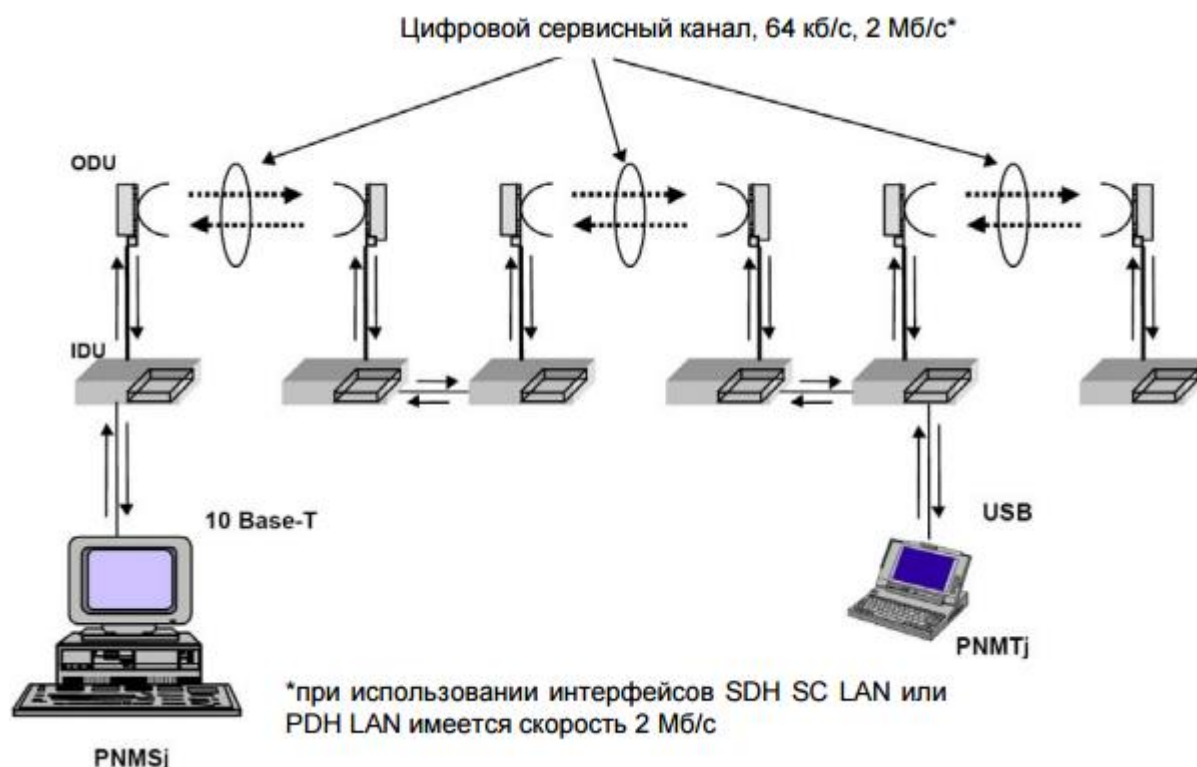


Рисунок 2.12 - Функциональная схема работы сервиса PNMSj

PNMS/PNMT дают возможность восстановления данных, функционирования всех станций Pasolink и соответствующих им радиолиний в соответствии с ITU-T спецификации G.826.

Для этого измеряются следующие параметры:

- соотношение секунд, пораженных ошибками (ESR);
- соотношение секунд, сильно пораженных ошибками (SESR);
- коэффициент фоновых блочных ошибок (BBER).

Данные параметры представляются на PNMS как в табличном виде, так и графическом виде [5].

В заключение, в данной главе было показана схема организации сети связи. Рассмотрено подключение оборудования у оператора услуг, а также на станциях. Разработана система видеонаблюдения на объекте и показано на схеме будущее расположение камер. Подобрано оборудование для видеонаблюдения, камеры и видеорегистратор. Смоделирована система из камер на программе AXIS Design Tool для оценки необходимой пропускной

способности. Произведено описание возможностей системы управления сетью PNMSj, которая осуществляет мониторинг и диагностику сети.

3 Расчет устойчивости связи ЦРРЛ

Расчет основан на нескольких этапах: нахождение параметра минимального множителя ослабления, характеристик пролета и проверка на устойчивую работу линии. Нахождение максимального затухания производится по электрическим параметрам, в данном случае оборудование имеет постоянную величину этого показателя. Реальное затухание рассчитывается на основе полученных характеристик пролета, а также найти факторы, влияющие на проектируемый интервал. Осуществление проверки радиолинии на устойчивость проводится путем сравнения максимально допустимого процент времени для линии, в течение которого затухание на трассе, вызванное изменениями атмосферных условий, может превышать значение допустимого затухания. Определение устойчивости линии является важным, так как это учитывает влияние быстрых замираний и позволит найти условия, которые обеспечат заданную готовность линии при минимальных вложениях.

Энергетические соотношения, полученные в условиях свободного пространства, когда отсутствует влияние земли и тропосферы, являются исходными для расчета радиолинии.

Мощность сигнала на входе приемника:

$$P_{\text{пр}} = P_{\text{пер}} + G_{\text{пер}} + G_{\text{пр}} + \eta_{\text{пер}} + \eta_{\text{пр}} - L_0, \quad (3.1)$$

где $P_{\text{пер}}$ - мощность передатчика;

$G_{\text{пер}} = G_{\text{пр}}$ - коэффициенты усиления передающей и приемной антенн;

$\eta_{\text{пер}}, \eta_{\text{пр}}$ - коэффициенты полезного действия передающего и приемного антенно-фидерных трактов;

L_0 - ослабление в свободном пространстве.

Расчет ослабления в свободном пространстве производится по следующей формуле:

$$L_0 = 20 \cdot (\lg(f) + \lg(R_0)) + 32,45, \quad (3.2)$$

где f – частота МГц;

R_0 – длина пролета, км.

В ходе проектирования и подбора оборудования для построения ЦРРЛ была выбрана параболическая антенна диаметром 0,3 м.

В случае, когда антенна соединяется с приемопередающим блоком непосредственно без волновода КПД антенно-фидерного тракта можно принять равным 0 дБ.

$$R_0 = 1,24 \text{ км},$$

$$L_0 = 20 \cdot (\lg(13 \cdot 10^3) + \lg(1,24)) + 32,45 = 116,597 \text{ дБ},$$

$$P_{\text{пр}} = 25 + 31 + 31 - 116,597 = -29,59 \text{ дБ}.$$

3.1 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). При таком построении профиля земная поверхность изображается не окружностью, а параболой. Построение дуги земной кривизны (параболы) производится после определения расстояний между станциями и максимальной разности высот на поверхности земли, так как в зависимости от расстояния меняется масштаб по вертикали. 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 [9].

После выбора масштабов производится построение дуги земной кривизны.

Линия, изображающая на профиле уровень моря (дуга земной кривизны) или условный нулевой уровень (условный горизонт) и имеющая вид параболы, рассчитывается по формуле

$$x(R) = \frac{R_0 \cdot R}{2 \cdot R_3} \cdot \left(1 - \frac{R}{R_0}\right), \quad (3.3)$$

где $x(R)$ – текущая координата дуги нулевого уровня, м;
 R_0 – протяженность интервала, км;
 R – расстояние от левого конца интервала, км, до точки, в которой определяется величина x ;
 $R_3=6,37 \cdot 10^6$ м – радиус Земли.

Максимальная высота препятствия, создаваемого выпуклостью земной поверхности, для любой протяженности интервала R_0 при $R=R_0/2$ равна:

$$x_{\text{МАКС}} = R_0^2 / 8R_3 \quad (3.3, \text{ а})$$

С достаточной для практических расчетов степенью точности при $R_3=6370\text{км}$ можно принять.

$$x_{\text{max}} = 1,96 \cdot 10^{-2} \cdot R_0^2, \quad (3.3, \text{ б})$$

где R_0 выражено в км.

$$x_{\text{max}} = 1,96 \cdot 10^{-2} \cdot 1,24^2 = 0,03 \text{ км}$$

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

3.2 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. Поэтому необходимо правильно определить просвет трассы путем правильного выбора высот подвеса антенн.

Радиолуч перемещается внутри зоны Френеля, которая представляет собой эллипсоид вращения в точке приема и передачи [9]. Минимальный радиус зоны Френеля определяется по формуле:

$$H_0 = \sqrt{\frac{1}{3} \cdot R_0 \cdot \lambda \cdot k \cdot (1 - k)}, \quad (3.4)$$

где $\lambda = c/f = \frac{3 \cdot 10^8}{13 \cdot 10^9} = 0,023$ - длина волны, м;

$k = \frac{R(H_{\text{max}})}{R_0} = \frac{0,853}{1,24}$ - относительное расстояние до препятствия.

$$H_0 = \sqrt{\frac{1}{3} \cdot 1,24 \cdot 10^3 \cdot 0,023 \cdot 0,688 \cdot (1 - 0,688)} = 1,431 \text{ м}$$

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

$$\Delta H(\bar{g} + \sigma_{R_0}) = -\frac{R_0^2}{4} \cdot (\bar{g} + \sigma_{R_0}) \cdot k \cdot (1 - k), \quad (3.5)$$

где \bar{g} и σ_{R_0} – соответственно среднее значение и стандартное отклонение вертикального градиента проницаемости.

Для данной местности: $\bar{g} = 7 \cdot 10^{-8} \text{ м}^{-1}$, $\sigma = 9 \cdot 10^{-8} \text{ м}^{-1}$.

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

$$\sigma_{R_0} = \left(10 \cdot 10^{-8} + \frac{\bar{g}}{3,1}\right) \cdot \left(\frac{1}{y} - 1\right) + \frac{\sigma}{y}, \quad (3.6)$$

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

$y = 0,65$ при $R_0 = 1,24 \text{ м}$ (рисунок Б.1 приложения Б).

$$\sigma_{R_0} = \left(10 \cdot 10^{-8} + \frac{7 \cdot 10^{-8}}{3,1}\right) \cdot \left(\frac{1}{0,65} - 1\right) + \frac{9 \cdot 10^{-8}}{0,65} = 1,061 \cdot 10^{-7} \text{ м}^{-1},$$

$$\begin{aligned} \Delta H(\bar{g} + \sigma_{R_0}) &= -\frac{(1,24 \cdot 10^3)^2}{4} \cdot (7 \cdot 10^{-8} + 1,061 \cdot 10^{-7}) \cdot 0,688 \cdot (1 - 0,688) = \\ &= -0,003 \text{ м}. \end{aligned}$$

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

$$H(0) = H_0 - \Delta H(\bar{g} + \sigma_{R_0}), \quad (3.7)$$

$$H(0) = 1,431 + 0,003 = 1,434 \text{ м}.$$

Высоты подвеса антенн определили, учитывая рельеф местности (рисунок А.2 приложения А), а также использование уже существующей вышки высотой 20м на узловой станции. На участке, где находится самое высокое препятствие, откладываем значение $H(0)$ и проводим луч через эту точку к существующей вышке. Так были выбраны высоты $h_1=20 \text{ м}$; $h_2=7.5 \text{ м}$. На основании этих данных построим профиль пролета при помощи сервиса linktest, которые позволяет моделировать профиль пролета на основании

своих данных. Доступ к сервису linktest осуществляется через сайт <http://www.linktest.ru>. На рисунке А.3 приложения А, видно расположение антенн и построенный продольный профиль пролета.

3.3 Расчет запаса на замирание

Расчет запаса на замирание производится по формуле:

$$F_t = S_G + G_{\text{ПРД}} + G_{\text{ПРМ}} - 2\eta - L_0, \quad (3.8)$$

где S_G – коэффициент системы, дБ (таблица 1.9);

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

$G = 31$ дБ [5];

$2\eta = 0$ дБ – коэффициент полезного действия антенно-фидерного тракта;

L_0 – затухание радиоволн в свободном пространстве.

Значение L_0 было рассчитано в пункте 3 по формуле (3.2).

$$F_t = 114 + 31 + 31 - 116,597 = 59,4 \text{ дБ}$$

3.4 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 [9].

Территория СНГ разделена на 16 климатических зон. Казахстан относится к зоне Е, для которой интенсивность осадков = 22 мм/час.

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

$$d_s = r \cdot R_0, \quad (3.9)$$

где R_0 – длина пролета, км;

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

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

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

$$\gamma = k \cdot R_{0,01}^\alpha. \quad (3.10)$$

Определяется для горизонтальной и вертикальной поляризации и выбирается наименьшее из них:

$$\gamma_H = k_H \cdot R_{0,01}^{\alpha_H}, \quad (3.10,a)$$

$$\gamma_V = k_V \cdot R_{0,01}^{\alpha_V}, \quad (3.10,б)$$

где $k_H, k_V, \alpha_H, \alpha_V$ – коэффициенты регрессии (таблица Б.1 приложения Б).

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

$$A_{0,01} = \gamma \cdot d_0 \quad (3.11)$$

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

$$T_g = 10^{11,628 \left[-0,546 + \sqrt{0,29812 + 0,172 \lg \left(0,12 \cdot \frac{A_{0,01}}{F_t} \right)} \right]}, \quad (3.12)$$

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

Тогда для выбранной частоты $f=13$ ГГц:

На основе расчета MathCad (рисунок Б.2 приложения Б) наименьшим значением удельного затухания в дожде является при вертикальной поляризации.

$$\gamma_V = 0,0168 \cdot 22^{1,2} = 0,686 \text{ дБ.}$$

Для вертикальной поляризации:

$$d_0 = 35 \cdot e^{-0,01522} = 25,16 \text{ км};$$

$$r = \frac{1}{1 + 1,24/25,16} = 0,953;$$

$$d_s = 0,953 \cdot 1,24 = 1,182 \text{ км};$$

$$A_{0,01} = 0,809 \cdot 1,182 = 0,81 \text{ дБ};$$

$$\frac{A_{0,01}}{F_t} = \frac{0,81}{55,4} = 0,015 < 0,155, \text{ принимаем значение } \frac{A_{0,01}}{F_t} = 0,155;$$

$$T_g := 10^{11.628(-0.546 + \sqrt{0.29812 + 0.172 \log 0.12 \cdot 0.155})} = 8.033 \times 10^{-7} \text{ } \%$$

3.5 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 [9].

Среднее значение просвета на пролете:

$$H(\bar{g}) = H(0) + \Delta H(\bar{g}) = H(0) - \frac{R_0^2}{4} \cdot (\bar{g}) \cdot k \cdot (1 - k) \quad (3.13)$$

Относительный просвет:

$$p(\bar{g}) = \frac{H(\bar{g})}{H_0} \quad (3.14)$$

На чертеже профиля пролета проводим прямую параллельно радиолучу на расстоянии $\Delta y = H_0$ от вершины препятствия и находим ширину препятствия r .

Относительная длина препятствия:

$$l = r/R_0 \quad (3.15)$$

Параметр μ , характеризующий аппроксимирующую среду:

$$\mu = \sqrt[3]{\frac{k^2(1-k)^2}{l^2}} \cdot \sqrt[6]{\frac{64\pi \cdot \alpha}{3}}, \quad (3.16)$$

где $\alpha = 1$ (трасса пологая).

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

$$p(g_0) = \frac{V_0 - V_{\min}}{V_0}, \quad (3.17)$$

где V_0 – множитель ослабления при $H(0)=0$, определяемый из рисунка Б.3 приложения Б по значению μ ;

V_{\min} – минимальный допустимый множитель ослабления.

$$V_{\min}^2 = -F_t \Rightarrow V_{\min} \approx -\frac{F_t}{2} \quad (3.18)$$

Параметр ψ определяется по формуле:

$$\psi = 2,31 \cdot A \cdot [p(\bar{g}) - p(g_0)], \quad (3.19)$$

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

Процент времени ухудшения связи, вызванного субрефракцией радиоволн, $T_0(V_{\min})$ определяется по рисунку Б.3 приложения Б.

Тогда получаем, при $r = 1.24$ км:

$$\Delta H(\bar{g}) = -\frac{(1,24 \cdot 10^3)^2}{4} \cdot (-7 \cdot 10^{-8}) \cdot 0,688(1 - 0,688) = 5,77 \cdot 10^{-3} \text{ м},$$

$$H(\bar{g}) = 1,434 + 5,77 \cdot 10^{-3} = 1,44 \text{ м},$$

$$p(\bar{g}) = \frac{1,44}{1,431} = 1,006,$$

$$l = \frac{0,16}{1,24} = 0,129.$$

Принимаем $\alpha = 1$, тогда $\mu = \sqrt[3]{\frac{0,688^2(1-0,688)^2}{0,129^2}} \cdot \sqrt[6]{\frac{64 \cdot 3,14 \cdot 1^2}{3}} = 2,83,$

$$V_{\min} = -\frac{59,4}{2} = -29,7 \text{ дБ}, \quad V_0 = -8 \text{ дБ}, \quad p(g_0) = \frac{-8 - (-29,7)}{-8} = -2,713,$$

$$A = \frac{1}{9 \cdot 10^{-8}} \sqrt{\frac{0,023}{(1,24 \cdot 10^3)^3 \cdot 0,688(1 - 0,688)}} = 83,427,$$

$$\psi = 2,31 \cdot 83,427 \cdot [1,006 - (-2,713)] = 716,669.$$

В данном случае пролет длиной 1.24 км. имеет $T_0(V_{\min}) \approx 0$, что означает влияние субрефракции волн на ухудшение связи практически отсутствует. В таком случае корректировать подвес антенн нет необходимости.

3.6 Проверка норм на неготовность

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

ГЭЦТ 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% [9].

Норма на неготовность:

$$UR_{\text{доп}} = \frac{0,3 \cdot R_0}{2500} > T_0 + T_g, \quad (3.20)$$

где R_0 – длина пролета, км;

2500 – длина эталонной гипотетической линии.

$$UR_{\text{доп}} = \frac{0,3 \cdot 1,24}{2500} = 1,488 > 1,08 \cdot 10^{-5}, \text{ условие выполняется}$$

3.7 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 превышает уровень принимаемого сигнала в средний худший месяц, может быть определен с помощью следующего приближенного асимптотического выражения [9]:

$$T_{\text{инт}} = K \cdot Q \cdot f^B \cdot d^C \cdot 10^{-A/10}, \quad (3.21)$$

где $A=F_t$ – запас на замирание, дБ;

$d = R_0$ – 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:

$$K = P_L^{1,5} \cdot 10^{(-6,5-C_{\text{LAT}}-C_{\text{LON}})}, \quad (3.22)$$

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

$C_{\text{LAT}}=C_{\text{LON}}=0$ для Казахстана.

Коэффициент, учитывающий другие параметры трассы:

$$Q = (1 + |E_p|)^{-1,4}, \quad (3.23)$$

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

Для проектируемого пролета:

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

$$E_p = \left| \frac{20 - 7,5}{1,24} \right| = 10,081 \text{ мрад},$$

$$Q = (1 + 10,081)^{-1,4} = 0,034,$$

$$T_{\text{итт}} = 3,536 \cdot 10^{-9} \cdot 0,034 \cdot 13^{0,89} \cdot 1,24^{3,6} \cdot 10^{-5,94} = 2,363 \cdot 10^{-15} \%$$

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

Норма на допустимое время ухудшения связи для высшего качества связи:

$$SES = \frac{0,054 \cdot R_0}{2500} > T_{\text{итт}} \quad (3.24)$$

Тогда:

$$SES = \frac{0,054 \cdot 1,24}{2500} = 2,678 \cdot 10^{-5} \%,$$

$$2,678 \cdot 10^{-5} > 1,783 \cdot 10^{-15}, \text{ условие выполняется.}$$

По произведённым расчетам времени ухудшения связи, вызванного субрефракцией радиоволн, было установлено что необходимость к оптимизации высот подвеса антенн нет. В результате высоты подвеса оказались в пределах нормы.

По другим полученным результатам можно сделать вывод, что все нормы на неготовность выполняются.

Связь при влиянии осадков на частоте 13 ГГц устойчива, т.к. выполняется условие.

Также провели проверку норм на допустимое время ухудшения связи из-за многолучевого распространения радиоволн, для этого сделали расчет времени ухудшения радиосвязи из-за многолучевого распространения, благодаря которому мы определили, что в данном случае норма соблюдается. Все расчеты проводились в программе MathCad14 (рисунки В.1-В.4 приложения В).

4 Безопасность жизнедеятельности

4.1 Анализ условий труда при эксплуатации технологического оборудования

4.1.1 Характеристика оборудования ЦРРЛ и технического помещения.

Разрабатывается беспроводная сеть на базе технологии цифровых радиорелейных систем передач.

В проекте используется цифровая радиорелейная система фирмы NEC.

В состав сети ЦРРЛ входит: оконечная станция, техническое помещение (серверная комната) для обслуживания персоналом антенн и коммутационного оборудования базовой станций.

Помещение, рассчитанное под серверную комнату, находится в административном здании на ОРС “Водоочистительная станция”. Произведем анализ условий трудовой деятельности в таком помещении. Это прямоугольной формы комната с размерами: длина 7,5 м., ширина 3,5 м., высота 2,7 м. В серверной комнате предусмотрено одно сидячее рабочее место, расположение которого показано на рисунке 4.1. Трудовой режим разделен на дневную и ночную смену. Оборудование обслуживает инженер системы передачи данных.

Система передачи данных состоит из антенны, а также из двух блоков – наружного блока ODU (размещаемого вне здания) и комнатного блока IDU, модуля аварийного электропитания, встроенного в 19-ти дюймовый шкаф.

Степень биологического воздействия электромагнитных полей зависит от частоты колебаний, напряженности и интенсивности поля и длительности его воздействия. Если организм человека подвергается регулярному излучению, то это оказывает пагубное влияние, что влечет за собой нарушение работоспособности нервной и сердечнососудистой системы.

Устройство приема и передачи сигналов крепится на радиовышке. Оно излучает электромагнитные волны и относится к устройствам радиорелейных каналов (RLL), работающем в диапазоне 3-30 ГГц. Излучение данного радиоустройства не подвергает опасности организм человека, т.к. уровни электромагнитных полей не превышают 2 мкВт/см^2 и соответствуют установленному предельно допустимому уровню 12 мкВт/см^2 согласно СНиП РК 4.04-06-2002 [10].

Таблица 4.1- Предельно допустимые уровни электромагнитных полей.

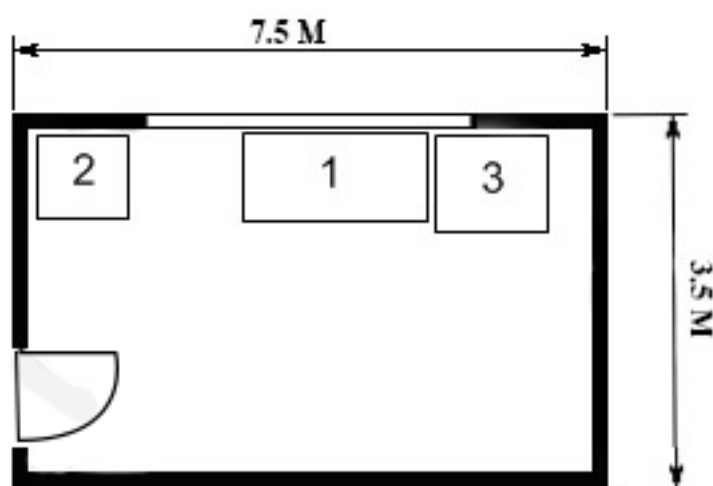
Название волн	Частота	Длина	Предельно допустимый уровень
Сантиметровые волны (сверхвысокие частоты, СВЧ)	3-30 ГГц	10-1 см	12 мкВт/см^2

Со стороны техники безопасности выбранное оборудование не относится к источникам негативного влияния на организм человека. Важно заметить, что компоненты и оборудование в целом не относятся к элементам высокой пожарной опасности. Для предотвращения удара электрическим током рабочего персонала, все элементы оборудования, имеющие непосредственный контакт с человеком, были занулены.

Элементы необходимые работникам для обслуживания оборудования и наблюдением за исправностью канала:

- стол;
- рабочее кресло;
- персональный компьютер.

Регулярно раз месяц, будет проводиться профилактика рабочего компьютера для защиты от вирусов и исправности оборудования. Поэтому опасности для жизни и здоровья персонала фактически не представляют. Издаваемый шум от активного оборудования находится в пределах 20-30 дБ и не оказывает вредного влияния человеку. Данный уровень шума делает возможным постоянно находиться близь обслуживаемого оборудования и своевременно взаимодействовать с ним.



1 – рабочее место, 2 – серверный шкаф, 3 – офисная тумбочка.

Рисунок 4.1 – Планировка технического помещения

4.1.2 Оценка освещения

Для создания благоприятных условий труда в серверном помещении соблюдены следующие требования производственного освещения:

- освещенность на рабочем месте соответствует гигиеническим нормам;
- яркость на рабочей поверхности и в пределах окружающего пространства распределено равномерно;
- отсутствуют резкие тени на рабочей поверхности

– освещение обеспечивает необходимый спектральный состав света для правильной цветопередачи.

Степень освещенности находится в пределах 300-1000 люкс, что соответствует СНиП РК 2.04-05-2002 [11].

Условия искусственного освещения оказывают большое влияние на зрительную работоспособность, физическое и моральное состояние людей, а следовательно, и производительность труда, качество труда и производственный травматизм.

Освещение в серверной позволяет поддерживать условия труда, близкие к оптимальным, что увеличивает производительность, качество и комфортность труда.

В качестве источников света при искусственном освещении используются лампы люминесцентные в количестве 3 штук, что является достаточным количеством освещения для серверной, согласно требованиям СНиП РК 2.04-05-2002 [11]. Светильники общего освещения располагаются над рабочими поверхностями в равномерно-прямоугольном порядке. Пульсация освещенности используемых люминесцентных ламп не превышает 10%.

4.1.3 Разработка молниезащиты

В состав оборудования базовой станции входит приемопередающая антенна (305 x 305 x 70 мм). Антенна базовой станции расположена на высоте 7,5 метров. Для защиты антенны от прямых ударов молнии применяют молниеотводы, состоящие из молниеприемников, воспринимающих непосредственно на себя разряд молнии, заземлителей, служащих для отвода тока молнии в землю и токоотводов, соединяющих молниеприемники с заземлителями [12].

Молниеприемники стержневых молниеотводов устраиваются из стальных стержней различных величин и форм сечения с защитой от коррозии. Токоотводы выполним из стальной проволоки, сечением не менее 35 мм. А так же используем в качестве токоотводов металлические конструкции защищаемых антенно-мачтовых сооружений.

Заземлители выполнены из стали, расположенные вертикально. Вертикальные – выполняются из стальных забиваемых стержней из угловой стали на глубину 0,6-0,8 м от верхнего конца. Забиваемые заземлители при этом выбираются длиной 1,5 – 3 м. Все соединения заземлителей, как между собой, так и с токоотводами выполняются сваркой [12].

Молниеотвод имеет определенную зону защиты, под которой понимается часть пространства, примыкающая к молниеотводу, которая обеспечивает защиту антенны от прямых ударов молнии с определенной степенью надежности. Мы рассчитываем для зоны защиты Б, степень надежности имеет значение быть не менее 95%.

4.1.4 Микроклимат

Для обеспечения долгой и безотказной работы электронных устройств, установленных в аппаратных помещениях с высокой концентрацией оборудования, требуется строгое соблюдение условий их эксплуатации. Наиболее важными из них являются стабильное электропитание и поддержание необходимого микроклимата, т.е. температурно-влажностного режима в аппаратном помещении.

Аппаратура, состоящая из сложных электронных схем, предъявляет повышенные требования к параметрам окружающей среды. К ней относится любое современное высокотехнологичное оборудование, в том числе вычислительные машины, телекоммуникационные системы, контрольно-измерительные приборы, агрегаты бесперебойного электропитания и другие подобные устройства.

Большинство систем рассчитано на работу при температуре воздуха $+22\pm 2^{\circ}\text{C}$ и относительной влажности $50\pm 10\%$.

В летний период года микроклиматические параметры в серверном помещении превышают допустимую температурную норму - температура летнего периода: $+48^{\circ}\text{C}$;

Отклонение температуры от указанных параметров приводит к сокращению срока службы оборудования (например, аккумуляторных батарей), ухудшению его характеристик, снижению надежности, сбоям в работе или даже выходу из строя (например, при перегреве из-за высокой температуры окружающей среды).

Относительная влажность воздуха – 20%. Низкая влажность в помещении ведет к накоплению статического электричества, разряд которого способен вывести из строя любые электронные элементы. Следствием высокой влажности, в свою очередь, может стать образование конденсата, вызывающего коррозию и даже короткое замыкание печатных проводников и, как следствие, выход из строя отдельных узлов аппаратуры.

Микроклимат производственного помещения оказывает значительное влияние на работника. Отклонение отдельных параметров микроклимата от рекомендованных значений снижают работоспособность, ухудшают самочувствие работника и приводят к профессиональным заболеваниям [12].

Следовательно, произведем расчет системы кондиционирования в серверном помещении.

4.2 Технические решения обеспечения безопасности жизнедеятельности

4.2.1 Расчет кондиционирования воздуха в серверном помещении

Расчет системы кондиционирования произведен согласно СНиП РК 4.02-42-2006 [13]. Здесь учтены все факторы, влияющие на изменение состояния воздушной среды помещения.

Определим необходимое количество кондиционеров для создания комфортных условий труда в помещении. Расчет произведем по методике изложенной в [13] для теплого времени года. В помещении за счет тепловыделений производственного оборудования имеет место значительные избытки тепла (разность между тепловыделениями в помещении и теплоотдачей через стены, окна, двери и т.д.), удаление которых прежде всего должна обеспечить система кондиционирования.

Избыточное тепло:

$$Q_{\text{изб}} = Q_{\text{об}} + Q_{\text{осв}} + Q_{\text{л}} + Q_{\text{р}} - Q_{\text{отд}}, \quad (4.2.1)$$

где $Q_{\text{об}}$, $Q_{\text{осв}}$, $Q_{\text{л}}$ - тепло, выделяемое производственным оборудованием, системой искусственного освещения помещения и работающим персоналом (людьми) соответственно, ккал/ч;
 $Q_{\text{р}}$ - тепло, вносимое в помещение солнцем (солнечная радиация), ккал/ч;
 $Q_{\text{отд}}$ - теплоотдача естественным путем, ккал/ч.

Тепло, выделяемое производственным оборудованием:

$$Q_{\text{об}} = 860 \cdot P_{\text{об}} \cdot \eta, \quad (4.2.2)$$

где 860 тепловой эквивалент 1 кВт/ч;
 $P_{\text{об}}$ - мощность, потребляемая оборудованием, кВт/ч;
 η - коэффициент перехода тепла в помещение.

Для компьютера имеем:

$$Q_{\text{об}} = 860 \cdot (1 \cdot 0,250) \cdot 0,95 = 204,25 \text{ ккал/ч}$$

Значение $\eta = 0,95$ взяли из [12] нормы потерь потребляемой мощности на тепловыделения оборудования.

Тепло, выделяемое осветительными установками:

$$Q_{\text{осв}} = 860 \cdot P_{\text{осв}} \cdot \alpha \cdot \beta \cdot \cos \varphi, \quad (4.2.3)$$

где $P_{\text{осв}}$ - мощность осветительных установок, кВт;
 α - КПД перевода электрической энергии в тепловую (для люминесцентные лампы $\alpha = 0,46 - 0,48$);
 β - КПД одновременности работы аппаратуры в помещении (если работает вся аппаратура $\beta = 1$);
 $\cos \varphi = 0,7 - 0,8$ - коэффициент.

Для ламп на 65Вт имеем:

$$Q_{\text{осв}} = 860 \cdot (3 \cdot 0,65 \text{ кВт}) \cdot 0,46 \cdot 1 \cdot 0,7 = 540 \text{ ккал/ч}$$

Тепло, выделяемое людьми:

$$Q_{\text{л}} = K_{\text{л}} \cdot (q - q_{\text{исп}}), \quad (4.2.4)$$

где $K_{\text{л}}$ - количество работающих;

$(q - q_{\text{исп}})$ - явное тепло, ккал/ч;

q - тепловыделения одного человека при данной категории работ I-III, ккал/ч;

Работа, производимая в помещении относится к I категории работ:

$q = 250$ ккал/ч;

$q_{\text{исп}} = 130$ ккал/ч.

$$Q_{\text{л}} = 1 \cdot (250 - 130) = 120 \text{ ккал/ч}$$

Тепло, вносимое солнечной радиацией:

$$Q_{\text{р}} = m \cdot F \cdot q_{\text{ост}}, \quad (4.2.5)$$

где m - количество окон в помещении;

F - площадь одного окна, м^2 ;

$q_{\text{ост}}$ - солнечная радиация через остекленную поверхность, т.е. количество тепла, вносимое за один час через остекленную поверхность площадью 1 м^2 , ккал/ч.

В данном случае окно является стеклянной перегородкой и не имеет непосредственно выход наружу.

$$Q_{\text{р}} = 0 \text{ ккал/ч}$$

Для теплого периода года при расчетах можно принять $Q_{\text{отд}} = 0$.

$$Q_{\text{изб}} = 204,25 + 540 + 120 + 0 = 864,25 \text{ ккал/ч}$$

При наличии теплоизбытков, количество воздуха, которое необходимо удалить из помещения:

$$L_{\text{б}} = Q_{\text{изб}} / C_{\text{б}} \Delta t_{\text{б}}, \quad (4.2.6)$$

где $Q_{\text{изб}}$ - избыточное тепло, ккал/ч;

$C_{\text{б}}$ - теплоемкость воздуха ($0,24 \text{ ккал/кг}^\circ\text{C}$);

$$\Delta t = t_{\text{ВЫХ}} - t_{\text{ВХ}};$$

$t_{\text{ВЫХ}}$ - температура воздуха выходящего из помещения, °С;

$t_{\text{ВХ}}$ - температура воздуха поступающего в помещение, °С;

$\gamma_b = 1,206$ кг/куб.м. - удельная масса приточного воздуха.

Величина Δt при расчетах выбирается в зависимости от теплонапряженности воздуха:

$$Q_H = Q_{\text{изб}} / V_{\text{П}} \quad (4.2.7)$$

Если теплонапряженность воздуха $Q_H < 20$ ккал/м³ ч, то принимают $\Delta t = 6^\circ\text{C}$, а при $Q_H > 20$ $\Delta t = 8^\circ\text{C}$.

$$L_b = 864,25 / (0,24 \cdot 6 \cdot 1,206) = 864,25 / 1,73664 = 497,656 \text{ м}^3/\text{ч};$$

По расчету было принято выбрать инверторную сплит-систему Vela Chrome Inverter RCI-V29HN настенного типа итальянской фирмы Royal Clima.

Данная сплит-система оборудована высокотехнологическим четырехскоростным вентилятором, который обладает очень низким уровнем издаваемого шума – от 24 дБ. Сплит-система подразумевает наличие внутреннего и внешнего блока. Внешний блок (компрессорно-конденсаторный агрегат) располагается на фасаде здания. Внутренний блок располагается непосредственно в помещении.

Комфортная расстановка компонентов кондиционирования упрощает монтаж и сервисное обслуживание кондиционеров.

Наличие двух блоков вынуждает использовать соединительный канал, который по заявлению производителя может достигать до 15-20м. Если же длина трассы превышает 15-20 метров, то придется использовать не бытовой, а полупромышленный кондиционер.

Регулировка параметрами кондиционера осуществляется через многофункциональный дистанционный пульт, который упрощает взаимодействие с оборудованием и установкой необходимой программы стабилизации микроклимата. В программу входит: регулировка температуры воздуха, влажности, установка периоды технического отключения отдельных узлов, планирование графика изменения температурно-влажностного профиля в помещении.

По технологии инверторного кондиционера происходит поддержка необходимой температуры путем постоянного регулирования мощности компрессора. В начале работы кондиционера используется полная мощность, но после достижения установленного уровня температуры воздуха в помещении, компрессор уменьшает количество оборотов и инверторный кондиционер работает уже на минимальной мощности. Другими словами, инверторный кондиционер находится в рабочем состоянии непрерывно, плавно регулируя свою мощность для поддержания оптимальных условий.

Помимо основного функционала, происходит фильтрация поступающего воздуха в помещение. За это ответственен комплекс фильтров, в состав которого входит антибактериальный фильтр, угольный фильтр (Active Carbone) и фильтр с активным серебром (Silver Ion). Устранение неприятных запахов происходит при помощи угольного фильтра, а фильтр с активным серебром уничтожает аллергены и споры плесневых грибов.

Применение новых разработок делает возможным работу оборудования при низких и высоких (+50...40°C) температурах наружного воздуха, как для гликолевых систем, так и для систем с воздушным охлаждением конденсатора.

4.2.2 Расчет защиты от молний сооружения ОРС

Для произведения расчетов по защите сооружений от молний были использованы методические указания [12] и СН РК 2.04-29-2005 [14]. Определение интенсивности грозовой деятельности производилось по метеокarte Казахстана. Относительно выбранного города активность гроз была выбрана равная 40-60 часам в год. Определим предполагаемое количество N ударов молнией в год сооружения, не оснащенного защитой молний:

$$N = (S + 6 \cdot h) \cdot (L + 6 \cdot h) \cdot n \cdot 10^{-6}, \quad (4.2.8)$$

Где S - ширина защищаемого сооружения, $S = 1$ м.;

L - длина защищаемого сооружения, $L = 1$ м.;

h - высота сооружения, $h = 8,2$ м.;

n - среднее годовое число ударов молнии в 1 км² земной поверхности в месте расположения здания ($n=6$).

$$N = (1+6 \cdot 8) \cdot (1+6 \cdot 8) \cdot 6 \cdot 10^{-6} = 0,014$$

Из полученного расчета, определим тип зоны защиты. Тип зоны защиты выбирают в зависимости от ожидаемого количества поражений молнией зданий и сооружений в год (N). Если величина $N > 1$, то принимают зону защиты типа А (степень надежности защиты в этом случае составляет не менее 99,5%). При $N \leq 1$ принимают зону защиты типа В (степень надежности этой защиты – 95% и выше) [12]. Для выбранного сооружения при $N \leq 1$ – зона защиты – Б. Произведем выбор молниеотвода, основываясь на том что, при построении сети на зданиях устанавливаются мачты с секторными антеннами поэтому, для защиты антенн и оборудования на конце мачты устанавливается одиночный стержневой молниеотвод. Одиночный стержневой молниеотвод высотой $h \leq 150$ м. На рисунке 4.2 показана зона защиты одиночного стержневого молниеотвода. Рассчитаем зону защиты и габариты молниеотвода по следующим формулам.

Высота зоны защиты над землей h_0 , м:

$$h_0 = 0,92 \cdot h, \quad (4.2.9)$$

где h – общая высота мачты вместе с молниеотводом от земли.

Радиус зоны защиты r_0 на уровне земли, м.:

$$r_0 = 1,5 \cdot h, \quad (4.2.10)$$

Радиус зоны защиты r_x на высоте h_x над землей, м.:

$$r_x = 1,5 \cdot \left(\frac{h - h_x}{0,92} \right) \quad (4.2.11)$$

Антенна расположена на высоте $= 7,5$ м. На радиомачте происходит разнос антенны на расстояние $0,3$ м от центра вышки. Тогда, $r_x = 0,3$ м, $h_x = 7,5$ м.

Определяем общую высоту радиовышки в совокупности с громоотводом:

$$h = \frac{r_x}{1,5} + \frac{h_x}{0,92} \text{ м}, \quad (4.2.12)$$

$$h = \frac{0,3}{1,5} + \frac{7,5}{0,92} = 8,35$$

Находим h_0 по формуле (4.2.9):

$$h_0 = 0,92 \cdot 8,35 = 7,68 \text{ м}$$

Отсюда следует, длина одиночного стержневого молниеотвода L равна:

$$L = h - h_0 \text{ м}, \quad (4.2.13)$$

$$L = 8,35 - 7,68 = 0,67 \text{ м}.$$

Находим радиус зоны защиты r_0 на поверхности земли по формуле (4.2.10):

$$r_0 = 1,5 \cdot 8,35 = 12,525 \text{ м}$$

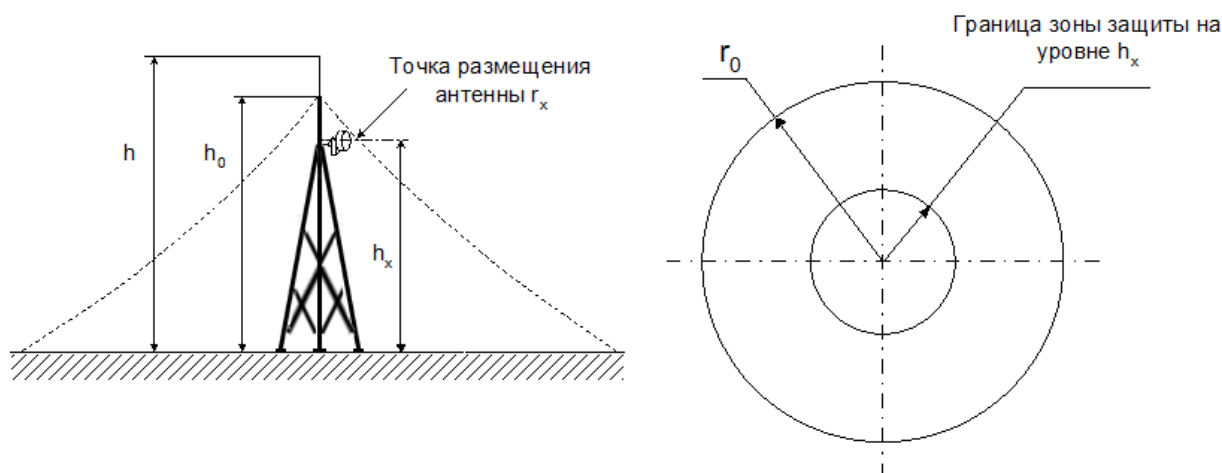


Рисунок 4.2 – Радиус защиты одиночного молниеотвода

Отвод молнии происходит через соединение с приемником молний. Данный приемник состоит из: стального многопроволочного троса, имеющего наружный слой цинка. Качественные показатели троса: сечение 35 кв.мм, диаметр 7 мм. Соединение приемника осуществляется с контуром заземления. Вид такого контура определяется из удельного сопротивления грунта и необходимой величины импульсного сопротивления. Зависимость $R_u = a \cdot R_\infty$, где a – коэффициент импульса, зависящий от тока молнии, удельного сопротивления грунта и конструкции заземлителя, показывает связь импульсного сопротивления с предельно допустимым сопротивлением R_∞ растеканию тока промышленной частоты.

Применяем систему из двух стержней заземления, общий вид и размеры показаны на рисунке 4.3. Этот заземлитель является двумя стальными тянутыми стержнями, диаметр которых равен 14 мм и длиной 1,5 метра у каждого. Покрытие производилось по технологии электролиза, медью чистотой 99.9%. В итоге образовалось покрытие с молекулярной и неразрывной связью со сталью. Удельное сопротивление грунта 100 Ом·м, сопротивление току промышленной частоты 8 Ом.

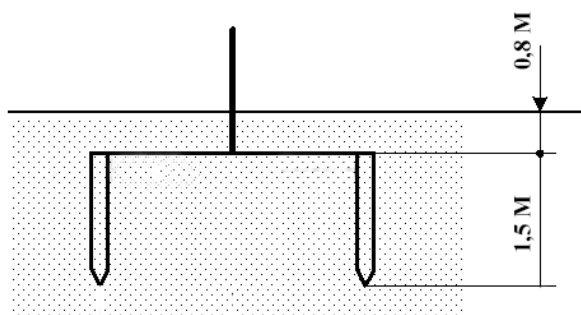


Рисунок 4.3 – стержневой заземлитель

В данном разделе по безопасности жизнедеятельности были проанализированы основные факторы, влияющие на трудоспособность персонала на предприятии. Обнаружены факторы, представляющие опасность или подвергающие вредному влиянию рабочий персонал во время работы на данном объекте.

По окончании исполненных вычислений техническое помещение было оборудовано инверторной системой кондиционирования. Была произведена выбор сплит-системы настенного типа Vela Chrome Inverter RCI-V29HN. Возможности данной системы позволяют поддерживать необходимый уровень микроклимата, для нормированного режима работы и соблюдения благоприятных условий для труда.

Осуществлены вычисления по защите сооружения от молний, что обеспечивает сохранность проектируемого оборудования от прямых ударов молний. По итогу был подобран молниеотвод Schirtec E.S.E. System. Он больше всего соответствует вычисленным параметрам и собран из высококачественных продуктов.

5 Бизнес план

5.1 Резюме

Целью данного проекта является организация связи на объекте “Водоочистительная станция”, используя цифровые системы передач радиорелейной связи. По проекту объект необходимо обеспечить связью для 3 городских телефонов и предоставить порт доступа интернет. Строительство цифровой радиорелейной линии было обосновано тем, что другие виды передач информации не удовлетворяли необходимые потребности или были экономически затратными.

Организация связи на данном объекте позволит образовать корпоративную сеть с отделами управления, что даст возможность управлять рабочим персоналом удаленно, обмениваться электронными документами или осуществлять видеоконференцсвязь.

Экономическая эффективность разрабатываемого проекта является положительной, так как чистый дисконтированный поток (NPV) за 4 года больше нуля и с учетом временного фактора составляет 489850 тенге. Срок окупаемости капитальных вложений в проект без учета дисконтирования составляет 1,63 года, с дисконтированием 3,22 года.

Доход, получаемый с предоставления услуг, покрывает все эксплуатационные расходы и при этом приносит значительную прибыль. Введение других технологий организаций связи в ближайшее время в данном районе не прогнозируется, так что данный проект будет востребован на продолжительный срок.

5.2 Описание услуги

Работоспособная ЦРРЛ позволит получить большой спектр услуг доступа интернет или телефонии. На договорной основе оператор может предоставить порт доступа интернет различной пропускной способности, в зависимости от пропускной способности ЦРРЛ. Дополнительно можно запросить выделение блока IP-адресов или в случае необходимости фиксированного IP-адреса.

К услугам телефонии можно отнести выделение абонентского номера городской телефонной сети. Это позволит осуществлять местные, междугородние и международные звонки. Услуга по объединению территориально разделенных объектов в общую корпоративную сеть.

5.3 Маркетинговый план

Сегодня беспроводные коммуникации проникли во многие сферы нашей жизни, и уже сложно представить современный мир без беспроводной связи. Телефония, телевидение, радио- всё стало беспроводным. Очередь дошла и до передачи данных. В настоящее время этот рынок является одним из самых перспективных и быстрорастущих, и, безусловно, у него блестящее будущее. Технология передачи данных по радиоканалу позволяет организовывать сети разных типов и решать широкий спектр задач- от развертывания сети в помещении до организации распределенной сети масштаба региона или целой страны. Развитие технологий уже сегодня позволяет передавать по беспроводным сетям не только данные, но и телефонные каналы, а также видеоинформацию.

Беспроводные системы радиорелейной связи пользуются во всем мире все большей популярностью. Они обладают бесспорными преимуществами при отсутствии или недостаточном развитии кабельной инфраструктуры, невозможности прокладки линий оптического волокна или слишком их большой стоимости. Действительно, кабельное хозяйство многих операторов физически изношено, а их услуги не соответствуют современным требованиям ни по качеству, ни по номенклатуре. Для модернизации требуются значительные долгосрочные инвестиции. Системы RLL свободны от многих перечисленных недостатков.

В жизни любой растущей организации есть момент, когда появляется филиал или склад, или просто часть компании переезжает в другое здание. Возникает задача объединения информационного пространства двух зданий, зачастую расположенных в разных концах города или в пригороде. И не всегда есть возможность проложить медную или оптическую линию связи. В этом случае на помощь приходят беспроводные технологии. Преимущества очевидны- организация в кратчайшие сроки получает единую локальную сеть. Это дает реальную экономию и повышает оперативность обмена информацией. А объединение телефонных сетей филиалов в одну- экономию на стоимости телефонных звонков (особенно, если подключаемые объекты находятся за городской чертой).

5.4 Организационный план

Организация сети связи на базе RRL подразумевает определенный организационный план.

Для осуществления проекта используется первоначальная численность сотрудников в числе одного инженера, с возможным дальнейшим расширением штата рабочих. На начальном этапе работы сети в обязанности сотрудника входит мониторинг канала, выяснение проблемы, первоначальная оценка ситуации и информирование соответствующих служб.

5.5 Производственный план

Производственный план начинается с контакта с Заказчиком и определения его потребностей.

Затем разрабатывается проект на их осуществление.

Разрабатывается бизнес-план проекта.

Производится исследование технической возможности проекта.

Происходит выбор компаний по предоставлению необходимого для проекта оборудования.

Закключается контракт сроком на 1 год с последующей пролонгацией между Заказчиком.

Производится закупка необходимого для проекта оборудования у поставщиков.

Производится исследование технической возможности проекта

Осуществляются установка оборудования.

Производится тестирование канала.

После тестирования канал обговариваются тарифные цены.

5.6 Техническое обоснование проекта

В настоящее время на территории Казахстана оборудование ЦРРЛ имеет большой спрос. Производством такого оборудования занимается множество компаний. Осуществление подбора оборудования для РРЛ основано на множестве факторов, каждая система рассчитана на определенное количество подключений и разговоров одновременно.

При проектировании данной дипломной работы было подобрано оборудование Pasolink Neo/c, японского производителя радиорелейного оборудования компания NEC.

NEC (англ. Nippon Electric Corporation) — японская компания, производитель электронной, компьютерной техники, телекоммуникационного оборудования, одна из крупнейших мировых телекоммуникационных компаний [2].

Линейка оборудования Pasolink Neo компании NEC представляет собой 2-х точеную узкополосную цифровую радиорелейную систему. Предназначена для, по состоянию на 2016, работы на частотах 6-52 ГГц.

Данное оборудование удовлетворяет постоянно возрастающий спрос на услуги цифровой передачи; она удовлетворит потребность в линиях доступа

для общественной службы связи, в выделенных каналах, сетях для городских районов, сетях для сельских районов, а также во временных сетях и сетях для чрезвычайных ситуаций - с целью передачи данных и сообщений.

Система Pasolink NEO предоставляет интерфейсы типов PDH (Plesiochronous Digital Hierarchy), SDH (Synchronous Digital Hierarchy) и LAN (локальная вычислительная сеть, ЛВС). Передаются следующие сигналы: 4 - 48 x E1, 1 - 2 x E3, 1 – 2 x STM-1, 2/4 x 10/100 Base-T(X) и сигналы GbE (Гигабит-Ethernet). Гибкая конфигурация системы: 1+0 без резерва, 1+1 с резервом. Позволяет производить передачу сигнала с пространственным или частотным разносом [5].

Компании NEC разработала собственное программное обеспечение по управлению сетью PNMSj, которое позволит пользователю сети производить мониторинг, контроль, конфигурирование и управление радиорелейными сетями семейства Pasolink. Данная программа имеет удобный интерфейс для пользователя.

Оборудование компании NEC зарекомендовало себя на мировом рынке телекоммуникацией своим качеством и разнообразностью ассортимента для всевозможных потребностей.

Оборудование Pasolink Neo/с преимущественно было выбрано из-за соответствия необходимым техническим характеристикам и приемлемой цены, а также своей возможностью быстро развернуть и настроить систему.

5.7 Финансовый план

5.7.1 Расчет инвестиционных затрат

Произведем расчет всех вложений, которые необходимы для реализации проектируемой цифровой радиорелейной линии. Дополнительно к расходам на приобретение оборудования, добавим расходы на средства необходимые для полноценной системы. Стоимость всего оборудования указана в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Стоимость основных средств [15], [16], [17], [18]

Наименование	Цена за 1 ед., тенге	Требуемое количество	Всего, тенге
Цифровое радиорелейное оборудование Nec Pasolink Neo/с(комплект на пролет)	2805400	1	2805400
Шкаф настенный, SE, 5406.01.100, 19" 6U	24850	1	24850
ИБП SVC W-1500	60000	1	60000
FXS шлюз GXW4004	69160	1	69160

Продолжение таблицы 5.1

Наименование	Цена за 1 ед., тенге	Требуемое количество	Всего, тенге
Труба ПНД для прокладки кабеля d-16x 2,0 мм	81	17	1377
Труба ПНД для прокладки кабеля d-40x 2,0 мм	234	4	936
телефонный шнур RJ11 (патч-корд кабель)	102	60	6120
Кабель витая пара S/FTP Cat 5E	190	31	5890
Кабель витая пара UTP Cat 5E	66	30	1980
WAN модем TP-LINK TL-WR740N	7200	1	7200
Итого	-	-	2982913

Определение необходимых капитальных вложений производится по формуле:

$$K = K_0 + K_{\text{мон}} + K_{\text{тр}}, \quad (5.1)$$

где K_0 - общая стоимость комплекса технических средств для реализации системы связи (таблица 5.1);

$K_{\text{мон}}$ - стоимость монтажа оборудования (3% от цены всего оборудования);

$K_{\text{тр}}$ - стоимость транспортировки (2% от общей стоимости оборудования).

$$K_0 = 2982913 \text{ тенге,}$$

$$K_{\text{мон}} = K_0 \cdot 0,03 = 2982913 \cdot 0,03 = 89487 \text{ тенге,}$$

$$K_{\text{тр}} = K_0 \cdot 0,02 = 2982913 \cdot 0,02 = 59658 \text{ тенге,}$$

$$K = 2982913 + 89487 + 59658 = 3132059 \text{ тенге.}$$

5.7.2 Расчет эксплуатационных затрат

Эксплуатационные расходы определяются по формуле:

$$\mathcal{E} = \Phi\text{ОТ} + \text{О}_\text{с} + \mathcal{E}_\text{л} + \text{А}_0 + \text{Пр}_\text{Адм} , \quad (5.2)$$

где $\Phi\text{ОТ}$ – фонд оплаты труда (таблица 5.2);

$\text{О}_\text{с}$ – социальные отчисления;

А_0 - амортизационные отчисления;

$\mathcal{E}_\text{л}$ – затраты на электроэнергию;

$\text{Пр}_\text{Адм}$ – прочие административные и управленческие расходы (с учетом аренды сети провайдера).

Таблица 5.2 – Расчет $\Phi\text{ОТ}$ [19]

Список персонала	Численность персонала	Оклад (за 1 месяц), тенге	Оклад (за 1 год), тенге
Инженер по обслуживанию оборудования	1	40000	480000
Итого			480000

Социальные отчисления, 11% от $\Phi\text{ОТ}$ [20]:

$$\text{О}_\text{с} = (\Phi\text{ОТ} - \text{П}_\text{ф}) \cdot 0,11, \quad (5.3)$$

где $\text{П}_\text{ф}$ – пенсионный фонд, который является 10% от $\Phi\text{ОТ}$ [20].

$$\text{О}_\text{с} = (480000 - 480000 \cdot 0,1) \cdot 0,11 = 47520 \text{ тенге}$$

Количество годовых затрат на электроэнергию включает в себя потребление электроэнергии основного оборудования и дополнительные нужды:

$$\mathcal{E}_\text{л} = \mathcal{E}_\text{об} + \mathcal{E}_\text{доп}, \quad (5.4)$$

где $\mathcal{E}_\text{об}$ – стоимость затрат основного оборудования;

$\mathcal{E}_\text{доп}$ – затраты на другие нужды.

$$\mathcal{E}_\text{об} = N \cdot t \cdot Q, \quad (5.5)$$

где $N = 60$ Вт – мощность оборудования;
 $t = 365 \cdot 24 = 8760$ ч – количество часов работы оборудования,
 Q – цена на электроэнергию.

При двузонной системе учета:
– дневная ставка тарифа (с 7-00 до 23-00) составляет 23,12 тенге за 1 кВтч;
– ночная ставка тарифа (с 23-00 до 7-00) составляет 5,08 тенге за 1 кВтч [21];
 $Q = 15,81$ тенге – средняя цена 1 киловатта электроэнергии в час.

$$\text{Эоб} = 0,06 \cdot 8760 \cdot 15,81 = 8310 \text{ тенге}$$

Дополнительные нужды занимают 10% от затрат электроэнергии на проектируемое оборудование.

$$\text{Эдоп} = \text{Эоб} \cdot 0,1, \quad (5.6)$$

$$\text{Эдоп} = 8310 \cdot 0.1 = 831 \text{ тенге.}$$

Общая стоимость затрат на электроэнергию:

$$\text{Ээл} = 8310 + 831 = 9141 \text{ тенге}$$

Амортизационные отчисления устанавливаются в соответствии с едиными нормами, которые являются определённым процентом от основного фонда, и рассчитывающиеся по формуле:

$$A_0 = K \cdot N_A, \quad (5.7)$$

где K – стоимость капитальных вложений;
 N_A – норма амортизационных отчислений (25%) [20].

Амортизация для оборудования, при построении сети:

$$A_0 = 0,25 \cdot 2982913 = 783014 \text{ тенге}$$

К прочим расходам относится плата за использование радиочастотного спектра, которая составляет 40 МРП (1 МРП = 2121 тенге по состоянию на 2016г) [22]:

$$\text{Пр}_{\text{АДМ}} = 40 \cdot 2121 = 84840 \text{ тенге}$$

После того как мы определили все значения, можно приступить к расчету эксплуатационных расходов, а также составим таблицу для наглядного представления расходов и диаграмму к ней:

$$\Xi = 480000 + 47520 + 9141 + 783014 + 84840 = 1404515 \text{ тенге}$$

Таблица 5.3 – Эксплуатационные расходы и их процентное соотношение

Наименование расходов	Стоимость, тенге	Удельный вес, %
ФОТ	480000	34,18
Социальные отчисления	47520	3,38
Затраты на электроэнергию	9141	0,65
Амортизационные отчисления	783014	55,75
Прочие административные и управленческие расходы	84840	6,04
Эксплуатационные расходы	1404515	100

По данным таблицы 5.3 можно сделать вывод о будущих эксплуатационных расходах. Основная масса расходов сосредоточена в категориях ФОТ и амортизационных отчислениях. Амортизационные расходы занимают большую долю расходов, так как оборудование связи является основополагающим для получения доходов. Доходы же в телекоммуникациях основаны на представлении услуг связи, в случае неисправности аппаратуры функциональность системы полностью упадет. Визуальное представление процентного соотношения расходов можно наблюдать на рисунке 5.1, который сделан в программе Excel (рисунок В.1).

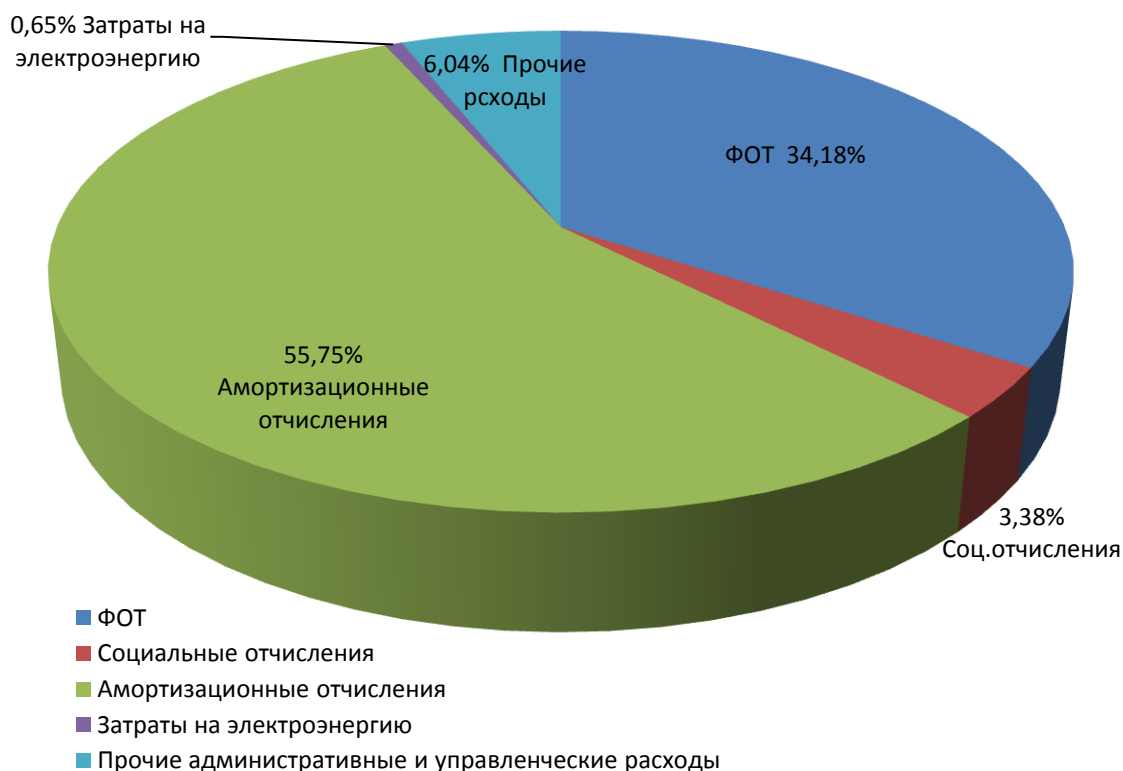


Рисунок 5.1 – Диаграмма эксплуатационных расходов

5.7.3 Расчет доходов

Реальный доход, который будем получать, основан на абонентской плате за предоставляемые услуги связи:

$$D_{\text{реал}} = D_{\text{подкл}} + D_{\text{ар}} + D_{\text{инт}} + D_{\text{т}} + D_{\text{тех}}, \quad (5.8)$$

где $D_{\text{подкл}}$ - взнос за подключение услуг;

$D_{\text{инт}}$ - доход от абонентской платы за услуги интернет;

$D_{\text{ар}}$ - доход от аренды радиорелейной станции;

$D_{\text{т}}$ - доход от телефонных услуг;

$D_{\text{тех}}$ - доход от абонентской платы за тех. обслуживание.

Единовременный доход за выделение абонентского номера городской телефонной сети:

$$D_{\text{подкл}} = N \cdot Q, \quad (5.9)$$

где N - количество номеров городской телефонной сети;

$Q = 16\,000$ тенге - сумма тенге за предоставление одного номера городской телефонной линии (таблица Г.1 приложения Г).

$$D_{\text{подк}} = 3 \cdot 16000 = 48000 \text{ тенге}$$

Спроектированное оборудование будет сдаваться в аренду, доход за предоставления аренды за год:

$$D_{\text{ар}} = T_{\text{ар}} \cdot 12, \quad (5.10)$$

где $T_{\text{ар}}$ – арендная плата за месяц (166000 тенге).

$$D_{\text{ар}} = 166000 \cdot 12 = 1992000 \text{ тенге}$$

Доход за предоставление услуг интернет производится на абонентской основе, так доход за год:

$$D_{\text{инт}} = T_{\text{инт}} \cdot 12, \quad (5.11)$$

где $T_{\text{инт}}$ - тариф за предоставление услуг интернет в месяц;

$T_{\text{инт}} = 56000$ тенге за предоставления стандартного порта (таблица Г.1 приложения Г).

$$D_{\text{инт}} = 12 \cdot 56000 = 672000 \text{ тенге}$$

Помимо услуг интернет предоставляются услуги телефонии, доход от которых начисляется по абонентской плате за месяц. Так доход за услуги телефонии за год находится по формуле:

$$D_{\text{т}} = T_{\text{тел}} \cdot N \cdot 12, \quad (5.12)$$

где $T_{\text{тел}}$ - тариф за предоставление услуг телефонии в месяц;

N – количество абонентов;

$T_{\text{тел}} = 3600$ тенге в месяц за один абонентский городской номер (таблица Г.1 приложения Г).

Вычислим доход от предоставления услуг телефонии:

$$D_{\text{т}} = 3600 \cdot 3 \cdot 12 = 129600 \text{ тенге}$$

Для поддержания высокой работоспособности оборудования связи необходима высококвалифицированная техническая поддержка, за предоставление такой услуги взимается абонентская плата. Доход от такой услуги за год можно найти по формуле:

$$D_{\text{тех}} = T_{\text{тех}} \cdot 12, \quad (5.13)$$

где $T_{\text{тех}} = 40000$ тенге - сумма за оказание технической поддержки в месяц (таблица Г. 1 приложения Г).

$$D_{\text{тех}} = 40000 \cdot 12 = 480000 \text{ тенге}$$

По полученным вычислениям определим реальные доходы за год:

$$D_{\text{реал}} = 48000 + 1992000 + 672000 + 129600 + 480000 = 3321600 \text{ тенге}$$

5.7.4 Расчет показателей экономической эффективности

Чтобы определить экономическую эффективность данного проекта, необходимо найти основные показатели:

- 1) чистый доход;
- 2) срок окупаемости без дисконтирования;
- 3) срок окупаемости с учетом дисконтирования.

Находим необходимые показатели для определения срока окупаемости без дисконтирования. Для этого находим чистый доход и доход после налогообложения.

Чистый доход рассчитываем по формуле:

$$D_{\text{чист}} = D_{\text{реал}} - \Xi, \quad (5.14)$$

где $D_{\text{чист}}$ - чистый доход предприятия.

$$D_{\text{чист}} = 3321600 - 1404515 = 1917084 \text{ тенге}$$

Полученный чистый доход облагается налогом для бюджета в 20% . Тогда после налогообложения получим:

$$D_{\text{чист.н.}} = D_{\text{чист}} \cdot 0.8, \quad (5.15)$$

где $D_{\text{чист.н.}}$ - чистый доход с учетом вычета налогообложения.

$$D_{\text{чист.н.}} = 1917084 \cdot 0.8 = 1533667 \text{ тенге}$$

Определяем коэффициент общей экономической эффективности капитальных вложений по формуле:

$$E_{\text{эф}} = \frac{D_{\text{чист}}}{K}, \quad (5.16)$$

где $E_{\text{эф}}$ - коэффициент экономической эффективности.

$$E_{\text{эф}} = \frac{1917084}{3132059} = 0,61.$$

Произведем расчет времени за которое вложенные средства в проект окупятся:

$$C_{\text{ок}} = \frac{1}{E_{\text{эф}}}, \quad (5.17)$$

где $C_{\text{ок}}$ – срок окупаемости.

$$C_{\text{ок}} = \frac{1}{0,61} = 1,63 \text{ года (20 месяцев).}$$

Для более четкого представления окупаемости будущих доходов, необходимо рассчитать показатели чистой текущей стоимости проекта (ЧТС), коэффициента дисконтирования и дисконтированный срок окупаемости вложений.

Произведем расчет коэффициента дисконтирования по формуле:

$$\alpha_t = \frac{1}{(1+E)^t}, \quad (5.18)$$

где α_t – коэффициент дисконтирования;
 E – норма дисконта (0,25);
 t – год ($t=4$).

$$\alpha_1 = \frac{1}{(1+0,25)^1} = 0,8,$$

$$\alpha_2 = \frac{1}{(1+0,25)^2} = 0,64,$$

$$\alpha_3 = \frac{1}{(1+0,25)^3} = 0,512,$$

$$\alpha_4 = \frac{1}{(1+0,25)^4} = 0,4096.$$

Общая накопительная величина дисконтированных доходов рассчитывается по формуле:

$$PV = \frac{D_{\text{чист.н.}}}{(1+E)^t}, \quad (5.19)$$

$$PV_1 = \frac{1533667}{(1+0,25)^1} = 1226934 \text{ тенге,}$$

$$PV_2 = \frac{1533667}{(1+0,25)^2} = 981547 \text{ тенге,}$$

$$PV_3 = \frac{1533667}{(1+0,25)^3} = 785238 \text{ тенге,}$$

$$PV_4 = \frac{1533667}{(1+0,25)^4} = 628191 \text{ тенге.}$$

Рассчитаем чистый дисконтированный поток за ближайшие 4 года по формуле:

$$NPV = \sum PV_i - K, \quad (5.20)$$

$$NPV = 1226934 + 981547 + 785238 + 628191 - 3132059 = 489850 \text{ тенге.}$$

Для определения срока окупаемости произведем расчет чистой текущей стоимости с нарастающим итогом по формуле:

$$\text{ЧТС} = -K + PV_1, \quad (5.21)$$

$$\text{ЧТС}_1 = -3132059 + 1226934 = -1905125 \text{ тенге.}$$

Произведем расчет для последующих лет путем суммирования полученной ЧТС с дисконтированным доходом соответствующий этим годам. Расчет ведем до полной окупаемости проекта:

$$\text{ЧТС}_2 = -1905125 + 981547 = -923577 \text{ тенге,}$$

$$\text{ЧТС}_3 = -923577 + 785238 = -138340 \text{ тенге,}$$

$$\text{ЧТС}_4 = -138340 + 628191 = 489850 \text{ тенге.}$$

Для упрощения анализа данных сведем полученные данные в таблицу (таблица 5.4).

Таблица 5.4 - Накопление дисконтированных доходов

Показатель/Время	1 год	2 год	3 год	4 год
Коэф.дисконтирования (α)	0,8	0,64	0,512	0,4096
Дисконтированные доходы (PV), тенге	1226934	984547	785238	628190

Продолжение таблицы 5.4

Показатель/Время	1 год	2 год	3 год	4 год
Накопление чистой текущей стоимости (ЧТС), тенге	-1905125	-923577	-138340	489850
Капитальные вложения, тенге	3132059	-	-	-

Для определения срока окупаемости с учетом дисконтирования, составим график накопления чистой текущей стоимости в программе Excel (рисунок В.2).

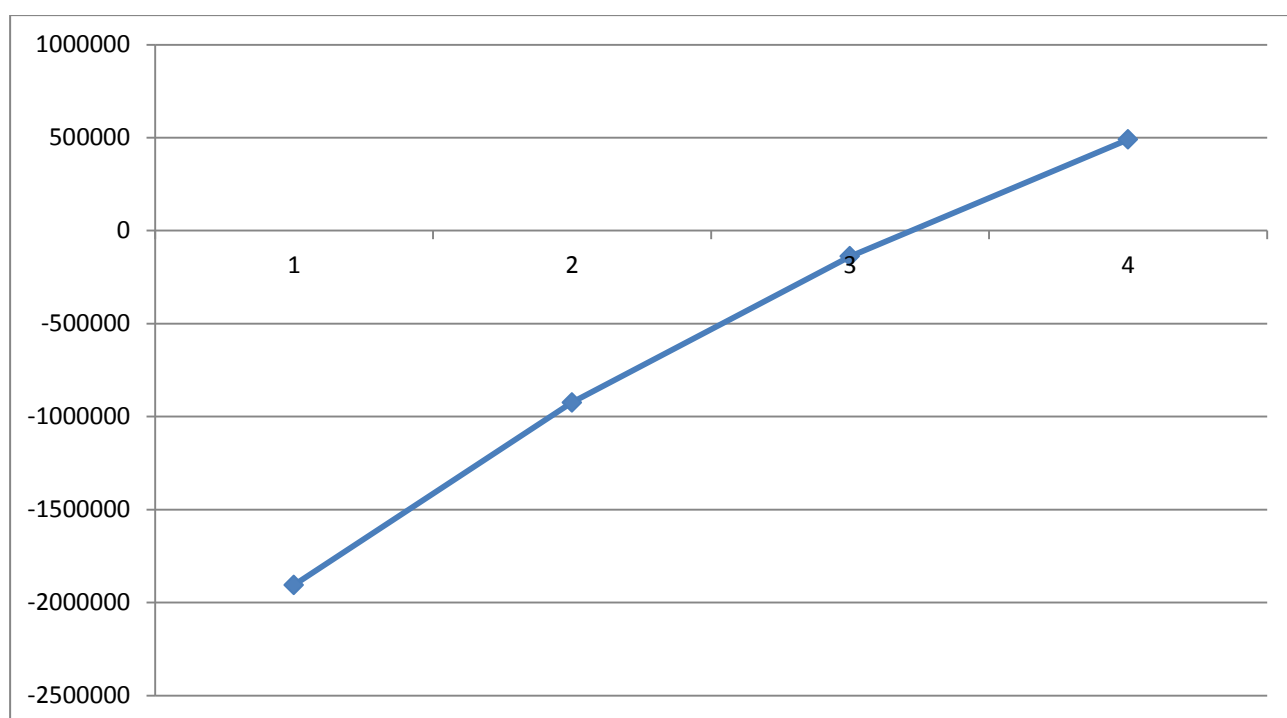


Рисунок 5.2 - Накопление дисконтированных доходов

Из графика (рисунок 5.2) видно, что данный проект окупает капитальные вложения в начале 4 года, дальнейшие доходы будут приносить лишь прибыль.

Итоговая формула расчета срока окупаемости с учетом дисконтирования, т.е. показателя DPP имеет вид:

$$DPP = t + \frac{K - (PV_1 + PV_2 + \dots + PV_t)}{PV_{t+1}}, \quad (5.22)$$

где t – срок окупаемости, исходя из графика (рисунок 5.2) $t=3$.

$$DPP = 3 + \frac{K - (PV_1 + PV_2 + PV_3)}{PV_4} =$$

$$= 3 + \frac{3132059 - (1226934 + 981547 + 785238)}{628190} = 3,22 \text{ года (39 месяцев)}$$

Сведем основные полученные показатели, чтобы показать общую экономическую эффективность проекта (таблица 5.5).

Таблица 5.5 - Основные экономические показатели

Показатель	Значение
Капитальные затраты, тенге	3132059
Эксплуатационные расходы, тенге	1404515
Прибыль, тенге	1917084
Чистый дисконтированный поток, тенге	489850
Срок окупаемости без дисконтирования, год	1,63
Коэффициент абсолютной экономической эффективности	0,61
Срок окупаемости с учетом дисконтирования, год	3,22

В итоге проделанной работе, основываясь на полученных результатах, можно акцентировать, что данный проект является экономически прибыльным. Сроки окупаемости разработанного проекта с учетом дисконтирования и без, соответственно равны 3,22 года и 1,63 года. Доход, получаемый с предоставления услуг, покрывает все эксплуатационные расходы и при этом приносит значительную прибыль. Введение других технологий организаций связи в ближайшее время в данном районе не прогнозируется, так что данный проект будет востребован на продолжительный срок.

6 Экспериментальная часть

В данной части дипломной работы будет рассмотрена реализация проекта. Показано расположение и монтаж выбранного ранее оборудования на основе расчетов. Осуществлены замеры пропускной способности сети. Рассмотрены виды наблюдения за сетью, поддержание её работоспособности.

6.1 Монтаж оборудования

Основной задачей было правильно установить антенну в нужном направлении и на необходимой высоте. Также для системы Neo/c 1+0 (без резерва) предусматривается несколько видов монтажа наружного блока по отношению к антенне. Это прямой монтаж к антенне или отдельная установка, когда к антенне идет волновод или коаксиальный кабель. Под прямым монтажом на антенне, подразумевается непосредственное соединение ODU с антенной. Наличие волновода могло вносить незначительные искажения, поэтому было решено использовать именно прямой монтаж (рисунок 6.1).



Рисунок 6.1 - Система 1+0(диапазон 11-52ГГц) непосредственный монтаж антенны и наружного блока

Так антенна была смонтирована на антенную опору на высоте 7,5 м. (рисунок 6.2).

Антенна была подключена к электропитанию и проведен коаксиальный кабель для подключения к внутреннему блоку. Проводка кабеля была внутри здания, так как это уменьшит фактор влияния погодных условий на качество кабеля (Рисунок 6.3). Также кабель дополнительно помещен в пластиковый кабельный канал, объясняется тем, что такой монтаж обладает такими достоинствами как мобильность, гибкость инсталляции, дешевизна монтажа и изменения конфигурации, и добавляя к ним повышенную электрожаробезопасность и эстетичный внешний вид.



Рисунок 6.2 - Конструкция антенной опоры и крепление антенны



Рисунок 6.3 - Расположение кабеля внутри помещения

Далее коаксиальный кабель соединяется с внутренним блоком (IDU) в специализированном настенном шкафу. Шкаф-стойка - это конструкция,

предназначенная для удобного, компактного, технологичного и безопасного крепления телекоммуникационного оборудования. Комплектация настенного шкафа изображена на рисунке 6.4.

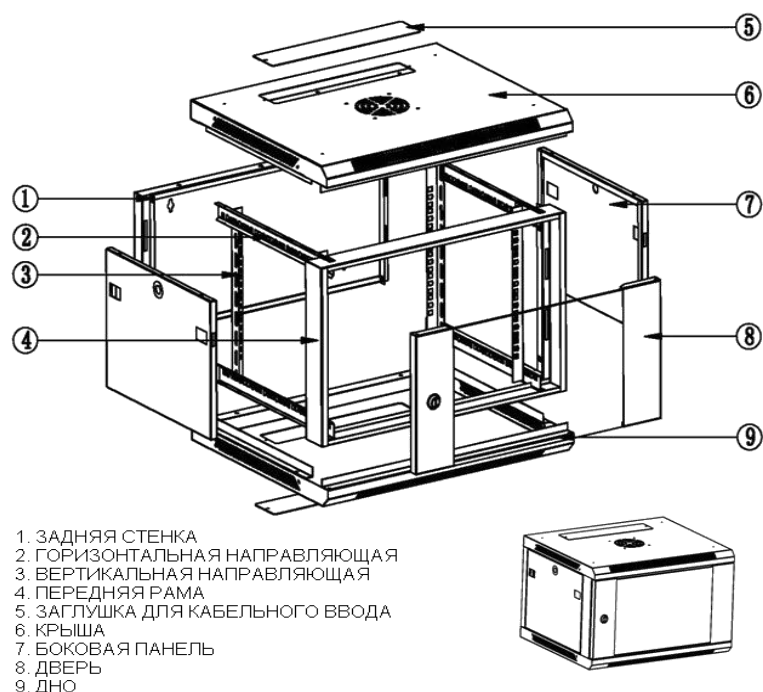


Рисунок 6.4 - Схема настенного шкафа

В данном шкафу находится все оборудование связи: FXS шлюз (таблица 6.1), модем, внутренний блок комплекта ррл.

Таблица 6.1 - Характеристики FXS шлюза GXW-4004

Модель	GXW-4004
FXS порты	4 FXS
Ethernet порты	2 RJ45 10/100Mbps (LAN/WAN)
PSTN линейный порт	1 RJ11, for Fail-Over PSTN
Регистрация	до двух SIP аккаунтов на порт
Аудио кодеки	G711u/a, G723, G726, G728, G729a/b/e, iLBC, и T.38
Сетевые функции	DHCP клиент/сервер , NAT маршрутизатор/коммутатор
Защитные функции	TLS/SIPS/HTTPS/Telnet
Конфигурация	Через WEB интерфейс и удаленно TFTP/HTTP
Питание	12 В, 1.25 А
Стандарты	FCC, CE
Физические характеристики	Размеры: 225 x 135 x 35 мм Вес: 600 гр.

Все оборудование было подключено друг к другу в соответствующие порты и обеспечено электропитанием. Схему соединения всех компонентов связи можно наблюдать на рисунке 6.5.

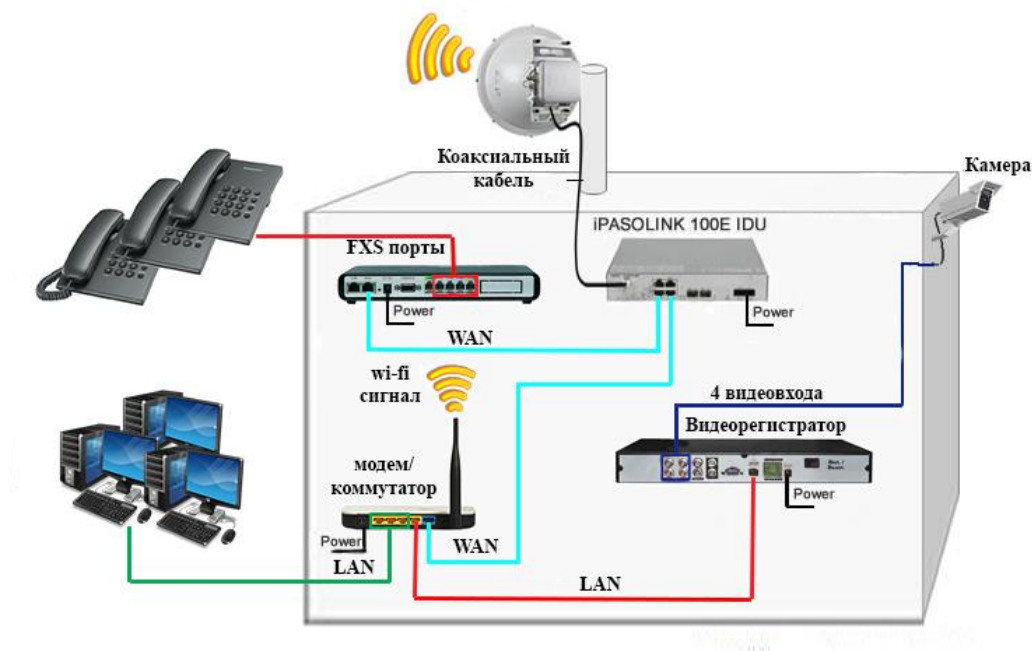


Рисунок 6.5 - Схема подключения оборудования

На рисунке 6.5 видно, что передача сигнала осуществляется через антенну, в данном случае диаметром 0,3 м. Антенна соединена с внутренним блоком коаксиальным кабелем с BNC коннектором. Так как промежуточные частоты передатчика (340 МГц) и приемника (140 МГц) разные, то достаточно одного коаксиального кабеля. Коаксиальный кабель может поддерживать работу на диапазоне до 3000 МГц. Модулирование сигнала и обратная операция производится на промежуточной частоте. Это позволяет согласовать модем и приемник/передатчик, который работает на другой частоте. Основной задачей передатчика является преобразовать сигнал вспомогательной частоты в диапазон сверх высокой частоты. Для приемника этот процесс диаметрально различен, преобразовать сигнал из диапазона СВЧ в промежуточную частоту. Также на входе приемника происходит усиление сигнала. Все эти операции проходят в наружном блоке. На внутреннем блоке происходит демультимплексирование. Также на внутреннем блоке имеются различные порты: LCT (для подключения мобильного термина PNMT), NMS (система управления сетью), порты 10/100Base-T(X), порт для электропитания. Из них использовано 2 порта Ethernet. Один для подключения интернет соединения, другой для услуг телефонии. На объекте используются аналоговые телефоны и для работы их необходимо подключить к FXS шлюзу, который переводит аналоговый сигнал в цифровой. У FXS шлюза серии GXW-4004 имеется 4 порта FXS для подключения телефонов, Ethernet порты (для подключения

интернета), порт электропитания, консольный порт RS232 для настройки и абонентский порт. Для расширения сети интернет на объекте и подключения нескольких компьютеров, используется модем/коммутатор модели TP-Link, который имеет 4 порта LAN 10/100 Мбит/с (создание локальной сети) и 1 порт WAN 10/100 Мбит/с (подключение интернет). Так же система видеонаблюдения подключена к этому модему через разъем LAN, чтобы обеспечить онлайн наблюдение на объекте.

Для обеспечения подключения оборудования использовались различные виды кабелей (таблица 6.2).

Таблица 6.2 – Перечень используемых кабелей

Наименование кабеля	длина, м	примечание
телефонный шнур RJ11 (патч-корд кабель)	60	для подключения телефонных аппаратов
Кабель витая пара S/FTP Cat 5E	31	предназначен для внешней прокладки
Кабель витая пара UTP Cat 5E	30	предназначен для прокладки внутри здания
Коаксиальный кабель РК 75	40	для соединения IDU и ODU

Но не стоит забывать об обеспечении корректной работы системы. В 50-70% случаев причиной сбоев в работе электронных приборов является некачественное электроснабжение. Типичные проблемы:

- полное отключение сети электропитания (исчезновение напряжения);
- провалы напряжения — падение напряжения более чем на 10%;
- перенапряжение (повышение напряжения электросети продолжительностью не менее 0,008 с);
- импульсный бросок напряжения (мгновенное повышение напряжения);
- электромагнитная помеха;
- радиочастотная помеха (разновидность электромагнитной помехи, частный случай).

Как правило, перепад напряжения может вывести микросхемы из строя. Одна некорректная сессия может разрушить всю систему.

В связи с этим, было принято обеспечить систему источником бесперебойного питания (ИБП) SVC W-1500 (таблица 6.3).

Таблица 6.3 – Технические характеристики ИБП SVC W-1500

Характеристика	Значение
Производитель	SVC
Тип	интерактивный
Возможность установки в стойку	нет

Продолжение таблицы 6.3

Характеристика	Значение
Выходная мощность (полная)	1500 ВА
Выходная мощность (активная)	900 Вт
Время работы при половинной нагрузке	20 мин.
Интерфейсы	USB
Форма выходного сигнала	синусоида
Время переключения на батарею	3 мс
Количество выходных разъемов питания (общее)	3
Количество выходных разъемов питания (UPS)	3
Тип выходных разъемов питания	IEC 320 C13 (компьютерный)
Мин. входное напряжение	165 В
Макс. входное напряжение	275 В
Стабильность выходного напряжения (батарейный режим)	$\pm 5 \%$
Тип предохранителя	плавкий
Время зарядки	7 ч
Возможность замены батарей	есть
Отображение информации	ЖК-экран
Звуковая сигнализация	есть
Холодный старт	есть
Цвет	черный
Ширина	110 мм
Высота	265 мм
Глубина	340 мм
Вес	13.5 кг

ИБП - не только устройство защиты от перенапряжений, оно также может обеспечить резервное питание. В случае, если основное питание по каким-то причинам отключилось, ИБП еще некоторое время будет подавать электропитание.

Конечное подключение оборудования позволило обеспечить данный объект телефонной связью, выходом в интернет, а также вести видеонаблюдение на территории.

6.2 Измерение параметров ЦРРЛС

Постоянное наблюдение за состоянием сети на протяжении всего канала, является очень важной задачей. Основными характеристиками описывающие состояние сети являются: скорость передачи данных, количество ошибок, уровень сигнала приемопередатчика. Другие же параметры могут показать характеристики пролета или состояние оборудования. Так в данном случае, используя программу Radio Mobile, показаны характеристики радио пролета (рисунки 6.6-6.7).

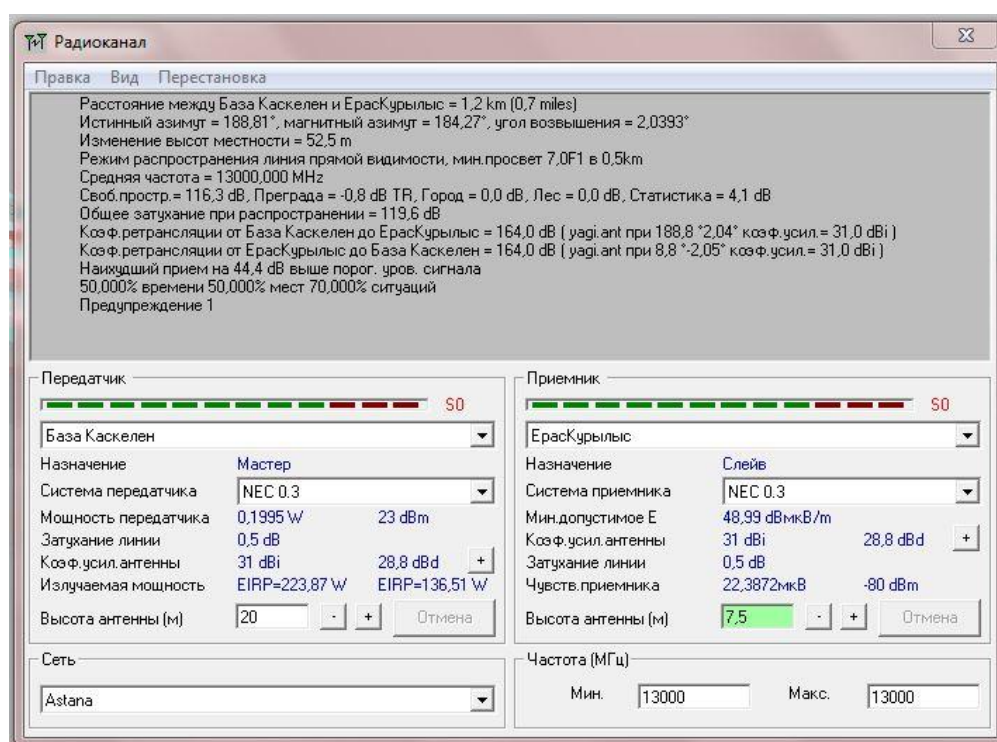


Рисунок 6.6 – Окно программы RadioMobile характеристика пролета

На рисунках 6.6-6.7 видно детальное описание оборудования, показатели местности и другие параметры сети. Показано общее расстояние между станциями (1.2км), перепад высот рельефа местности (52.5 м), затухание в свободном пространстве (116.3 dB), общее затухание (119.6 dB), коэффициент ретрансляции (164 dB) и энергетические параметры оборудования, а также напряженность электромагнитного поля, зона Френеля и чувствительность приемника. Характеристики оборудования соответствует заявленным показателям из таблицы 1.10-1.11.

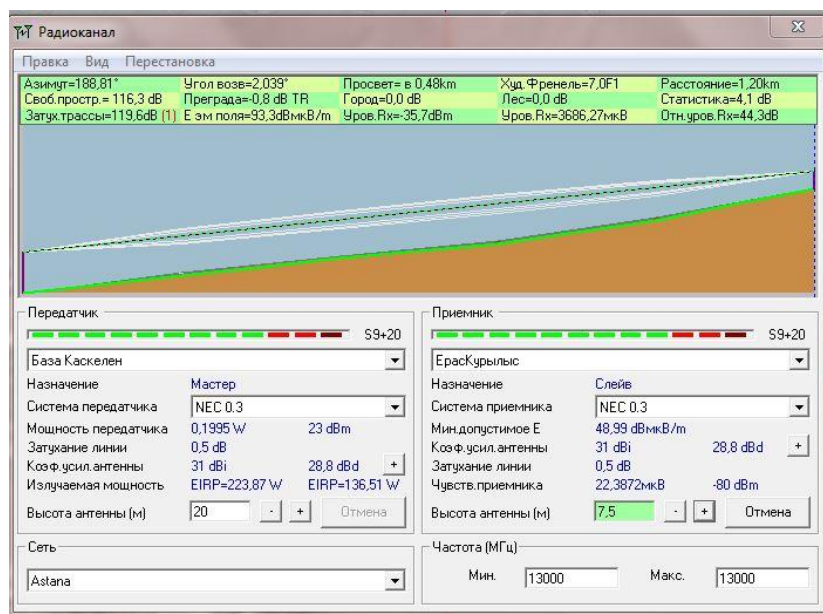


Рисунок 6.7 - Окно программы RadioMobile продольный профиль полета

Мониторинг входящего/исходящего трафика возможен как удаленно через оператора связи, так и непосредственно через мобильный терминал (рисунок 2.12). В данном случае была использована специализированная программа для слежения за сетью NetView (рисунок 6.8).

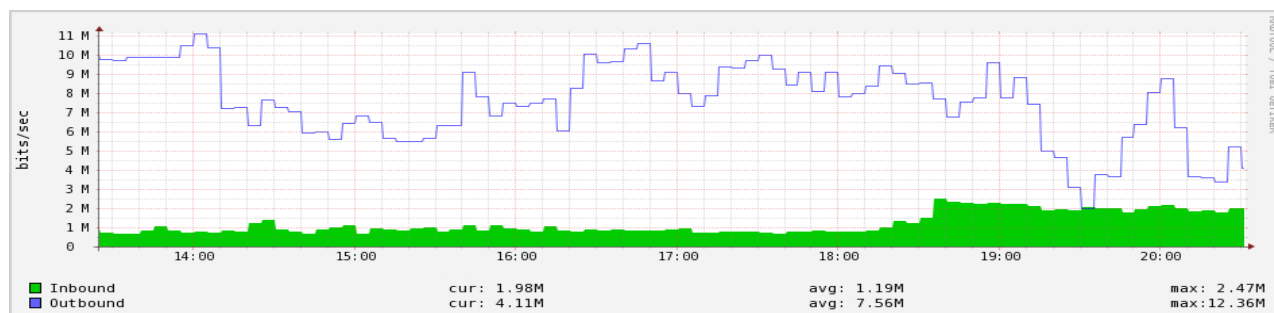


Рисунок 6.8 - NetView слежение за входящим/исходящим трафиком

На рисунке 6.8 можно наблюдать, что происходит передача информации, и изменение скорости в каждый момент времени. Дополнительно программа отображает показатели текущей, средней и максимальной скорости передачи. Также для упрощения восприятия входящий и исходящий трафик разделен цветовой гаммой. На основе этих значений можно судить об исправности подачи интернет трафика до 10 Мбит/с в радиоканале и в случае наблюдения проблемы, своевременно оказать техническую поддержку.

Общая схема измерения скорости передачи информации включает в себя отправителя информации, канал передачи информации и получателя информации. В данном случае, отправителем является терминал оператора услуг с предустановленной операционной системой Windows или Linux, а получателем терминал на объекте Водоочистительная станция с такой же

операционной системой. В терминале оператора услуг устанавливается система мониторинга и консоль управления, а у получателя устанавливается ответчик под операционную систему. Производится нагрузочный мониторинг сети на уровне TCP (transmission control protocol). Работа теста основана на генерации UDP (User Datagram Protocol) и TCP-трафика между отправителем и получателем. UDP используется только для мониторинга доступности, для этого с заданной периодичностью пингует на терминал получателя по UDP. Для нагрузки каналов и измерения их пропускной способности используется TCP. Связь осуществляется по сервисному каналу. Трансляция данных от терминала оператора услуг связи на терминал объекта Водочистительная станция определяет входящую скорость интернета. В обратном направлении исходящую скорость интернета.

6.3 Сервисное обслуживание

Оборудование связи является основополагающим для получения доходов в сфере связи. Доходы же в телекоммуникациях основаны на представлении услуг связи, в случае неисправности аппаратуры функциональность системы полностью упадет. Отсюда следует, что помимо мониторинга сети необходимо своевременно оказывать техническую поддержку оборудования. Сервисное обслуживание включает в себя несколько услуг:

- 1) Выезд при авариях для восстановления работоспособности;
- 2) Сервисное сезонное обслуживание;
- 3) Протяжка болтов металлоконструкций;
- 4) Проверка крепления антенн и усилителей;
- 5) Юстировка антенн;
- 6) Модернизация РРЛ – расширение пропускной способности, установка дополнительных штативов, кроссов, плинтов, выпрямителей, изменение азимутов и углов наклона антенн, замена активного оборудования и т.д.;
- 7) Диагностика аккумуляторных батарей, источников бесперебойного питания (ИБП) и подбор аккумуляторов при формировании новых батарей;
- 8) Проверка электрического сопротивления заземлений молниезащиты.

По итогу можно отметить, что в данной главе показана установка оборудования, размещение аппаратуры в помещении. Выбрано место и тип монтажа антенны. Осуществлен анализ сети через специализированные программы мониторинга. Перечислены услуги технического обслуживания, которые будут предоставляться на данном объекте.

Заключение

В данном дипломном проекте рассмотрено проектирование цифровой радиорелейной линии связи, для предоставления услуг связи на объекте “Водоочистительная станция”.

Была описана технология беспроводного абонентского доступа. Произведен анализ рынка связи и рассмотрено цифровое радиорелейное оборудование различных фирм производителей. Описаны проблемы электромагнитной совместимости оборудования связи. Выбрано цифровое радиорелейное оборудование Pasolink Neo/с компании Nec и обоснованно использован диапазон частот 13 ГГц.

В расчетной части был произведен расчет пролета трассы. А именно произведено построение продольного профиля пролета с помощью программы LinkTest с учетом рельефа местности, где проходит линия связи. Рассчитаны показатели устойчивости линии связи и соблюдены нормы неготовности.

В экономической части произведена оценка эффективности внедрения дипломного проекта. Для реализации проекта потребуются большие капитальные затраты, эксплуатационные расходы, но при эксплуатации системы расходы окупятся за 3 года 2 месяца.

Обеспечены меры безопасности жизнедеятельности. Были проанализированы основные факторы, влияющие на трудоспособность персонала на предприятии. Был произведен выбор сплит-системы настенного типа Vela Chrome Inverter RCI-V29HN. Возможности данной системы позволяют поддерживать необходимый уровень микроклимата, для нормированного режима работы и соблюдения благоприятных условий для труда.

В экспериментальной части подробно рассказано расположение выбранного оборудования и его подключение. Произведен анализ работоспособности линии через специальные программы мониторинга сети и оборудования. А также перечислены услуги, которые включает в себя техническое обслуживание.

В результате конструирования ЦРРЛС удалось обеспечить объект помехозащищенным каналом связи, предоставляющий услуги телефонии и доступа интернет. В дальнейшем существует возможность расширения пропускной способности системы и улучшение конфигурации до 1+1(с резервом).

Перечень сокращений

BWA – Широкополосный беспроводной доступ
DSSS – Метод прямой последовательности для расширения спектра
FRA – Фиксированный радиодоступ
FWA – Фиксированный беспроводной доступ
IDU – Внутренний блок радиорелейного комплекта оборудования
IEEE – Институт инженеров электротехники и электроники
LAN – Локальная вычислительная сеть
ODU – Наружный блок радиорелейного комплекта оборудования
OFDM – Мультиплексирование с ортогональным частотным разделением каналов
PDH – Плезиохронная цифровая иерархия
PNMSj – Система управления сетью Pasolink версии Java
PNMTj – Терминал управления сетью Pasolink версии Java
RITL – Радио в малой зоне
RLL – Организация радиорелейных каналов
SDH – Синхронная цифровая иерархия
TCP – Протокол управления передачей
UDP – Протокол пользовательских датаграмм
WLL – Беспроводной абонентский доступ
ОРС – Оконечная радиорелейная станция
РЭС – Радиоэлектронное средство
УРС – Узловая радиорелейная станция
ЦРРЛС – Цифровая радиорелейная линия связи
ЦРРС – Цифровая радиорелейная станция
ШПД – Широкополосный доступ
ЭМС – Электромагнитная совместимость

Список литературы

- 1 Перспективы развития цифровых радиорелейных линий связи http://sernam.ru/book_history.php?id=23 (дата обращения 15.02.2016)
- 2 Общедоступная мультязычная универсальная интернет-энциклопедия Википедия. URL: <https://ru.wikipedia.org> (дата обращения 18.02.2016)
- 3 Мордухович Л.Г. Радиорелейный линии связи. – М: Радио и связь, 1989. – 315с
- 4 Основы построения цифровых систем передачи http://s1921687209.narod.ru/4sem/course161/konstpekt_lec.htm (дата обращения 27.02.2016)
- 5 Техническая документация оборудования Nec Pasolink. URL: http://nec-Pasolink.narod.ru/PASOLINK_Neo_RUS.pdf (дата обращения 29.02.2016)
- 6 Характеристики радиоэлектронных средств, влияющие на обеспечение ЭМС. URL: http://studopedia.su/16_20710_harakteristiki-res-vliyayushchie-na-obespechenie-ems.html
- 7 Бузов А.Л., Быховский М.А., Васехо Н.В., Волкова Ю.В. Управление радиочастотным спектром и электромагнитная совместимость радиосистем. Учебн. пособие / Под. ред. д.т.н., проф. М.А. Быховского. М.: Эко-Трендз, 2006. 376 с.
- 8 Правила присвоения полос частот, радиочастот (радиочастотных каналов), регистрации и эксплуатации радиоэлектронных средств. URL: <http://online.zakon.kz> (дата обращения 11.04.2016)
- 9 Ключковская Л.П., Барсегянц К.В. Спутниковые и радиорелейные системы передачи. Методические указания к выполнению курсовой работы (для студентов специальности 5В074600 – Космическая техника и технология, 5В071900 – Радиотехника, электроника и телекоммуникации). – Алматы: АУЭС, 2013
- 10 СНиП РК 4.04-06-2002 Электротехнические устройства. Комитет по делам строительства Министерства индустрии РК, - Астана, 2003
- 11 СНиП РК 2.04-05-2002, Естественное и искусственное освещение. Общие требования. Комитет по делам строительства Министерства индустрии и РК, - Астана, 2003
- 12 Кривошеин, Л.А. Муравей, Н.Н. Роева, О.С. Шорина, Н.Д. Эриашвили, Ю.Г. Юровицкий, В.А. Яковлев. Экология и безопасность жизнедеятельности, изд. Юнити-Дана, 2000

13 СНиП РК 4.02-42-2006 Отопление вентиляция и кондиционирование. (Введен взамен СНиП РК 4.02-05-2001). Комитет по делам строительства и жилищно-коммунального хозяйства Министерства индустрии и торговли РК, - Астана, 2007

14 СНиП РК 2.02-05-2002, Пожарная безопасность зданий и сооружений. Комитет по делам строительства Министерства индустрии РК, - Астана, 2003.

15 Интернет-магазин InterMarket. URL: <http://www.intermarket.kz/stabilizatory-ibp-ups> (дата обращения 20.04.2016)

16 База бесплатных частных объявлений и прайс-листов магазинов и компаний Alfa. URL: <http://alfa.kz/other/installation/rack/ship/2130401> (дата обращения 24.04.2016)

17 Интернет-магазин электрики ПлюсЭлектро. URL: <http://www.pluselectro.ru> (дата обращения 23.04.2016)

18 Торговая интернет-площадка Satu. URL: <http://satu.kz> (дата обращения 25.04.2016)

19 Заработная плата работников по профессиям и должностям в 2015 году. URL: <http://stat.gov.kz> (дата обращения 30.04.2016)

20 З.Д.Еркешева, Г.Ш. Боканова. Методические указания по выполнению экономического раздела выпускной работы бакалавров для студентов специальности 050719 – Радиотехника, электроника и телекоммуникации – Алматы: АУЭС, - 2013. -19 с.

21 Кодекс Республики Казахстан от 10 декабря 2008 года № 99-IV “О налогах и других обязательных платежах в бюджет (Налоговый кодекс)” (с изменениями и дополнениями по состоянию на 28.04.2016 г.)

22 Тарифные планы на электроэнергию компании Алматы ЭнергоСбыт. URL: <http://www.esalmaty.kz/index.php/ru/rates-and-services/tariff-plans> (дата обращения 10.05.2016)

Приложение А

Построение продольного профиля пролета радиорелейной линии

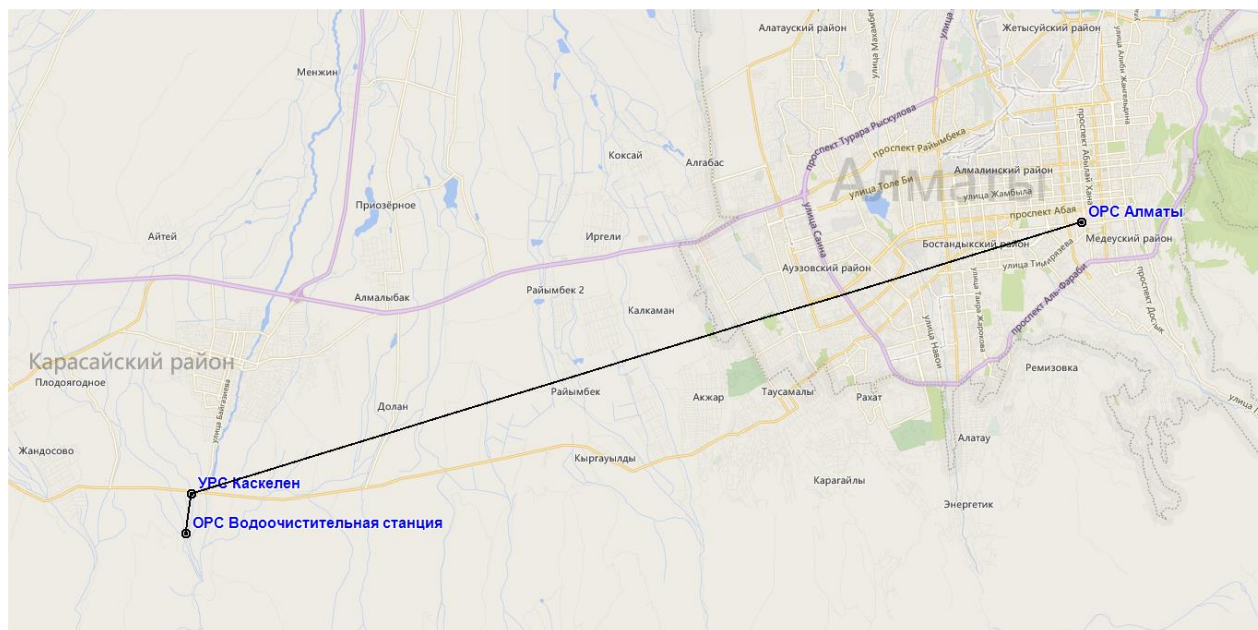


Рисунок А.1 – Использование сервиса Google maps для отображения линии связи ОРС г. Алматы - УРС Каскелен – ОРС Водоочистительная станция



Рисунок А.2 – Окно программы Google Earth при показе рельефа местности на участке УРС Каскелен – ОРС Водоочистительная станция



Рисунок А.3 – Окно программы LinkTest при построении продольного профиля пролета на участке УРС Каскелен – ОРС Водоочистительная станция

Приложение Б
Вспомогательные материалы для расчетной части

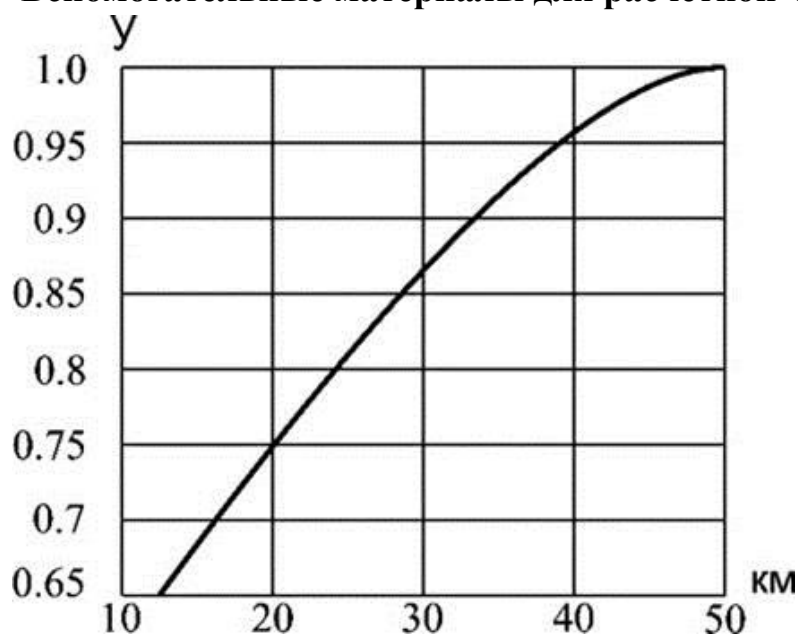


Рисунок Б.1 – Определение параметра y

Таблица Б.1 – Коэффициенты регрессии для оценки затухания

Частота f , ГГц	Горизонтальная поляризация		Вертикальная поляризация	
	k_i	α_i	k_v	α_v
1	0,0000387	0,912	0,0000352	0,880
2	0,0001540	0,963	0,000138	0,923
4	0,00065	1,121	0,000591	1,075
6	0,00175	1,308	0,00155	1,265
7	0,00301	1,332	0,00265	1,312
8	0,00454	1,327	0,00395	1,31
10	0,101	1,276	0,00887	1,264
12	0,0188	1,217	0,0168	1,2
15	0,0367	1,154	0,0335	1,128
20	0,0751	1,099	0,0691	1,065
25	0,124	1,061	0,113	1,03
30	0,187	1,021	0,167	1
35	0,283	0,979	0,233	0,963
40	0,35	0,939	0,51	0,929

Продолжение приложения Б

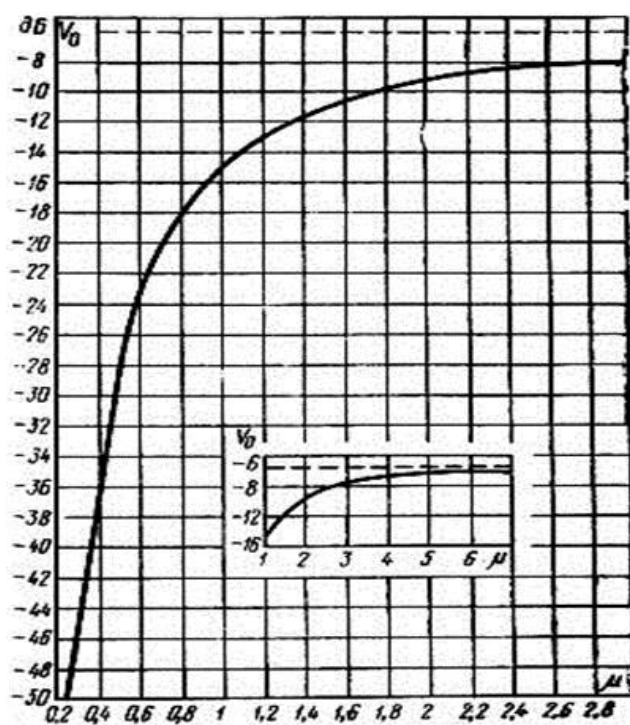


Рисунок Б.2 – Зависимость множителя ослабления от аппроксимирующего параметра μ

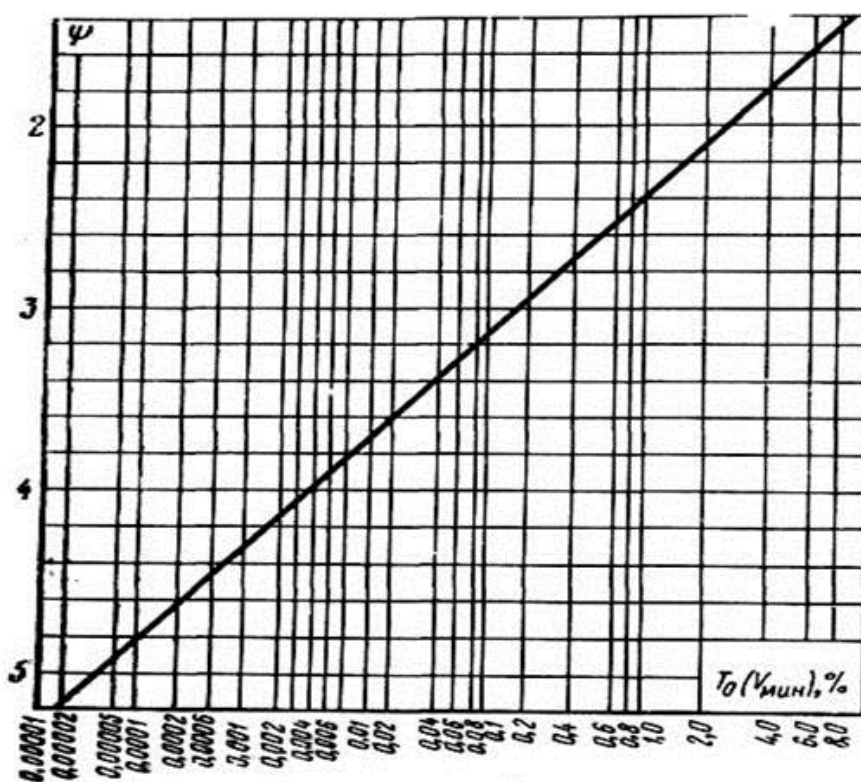


Рисунок Б.3 – К расчету времени ухудшения связи, вызванного субрефракцией радиоволн

Приложение В

Расчет устойчивости связи ЦРРЛ в программе MathCad 14

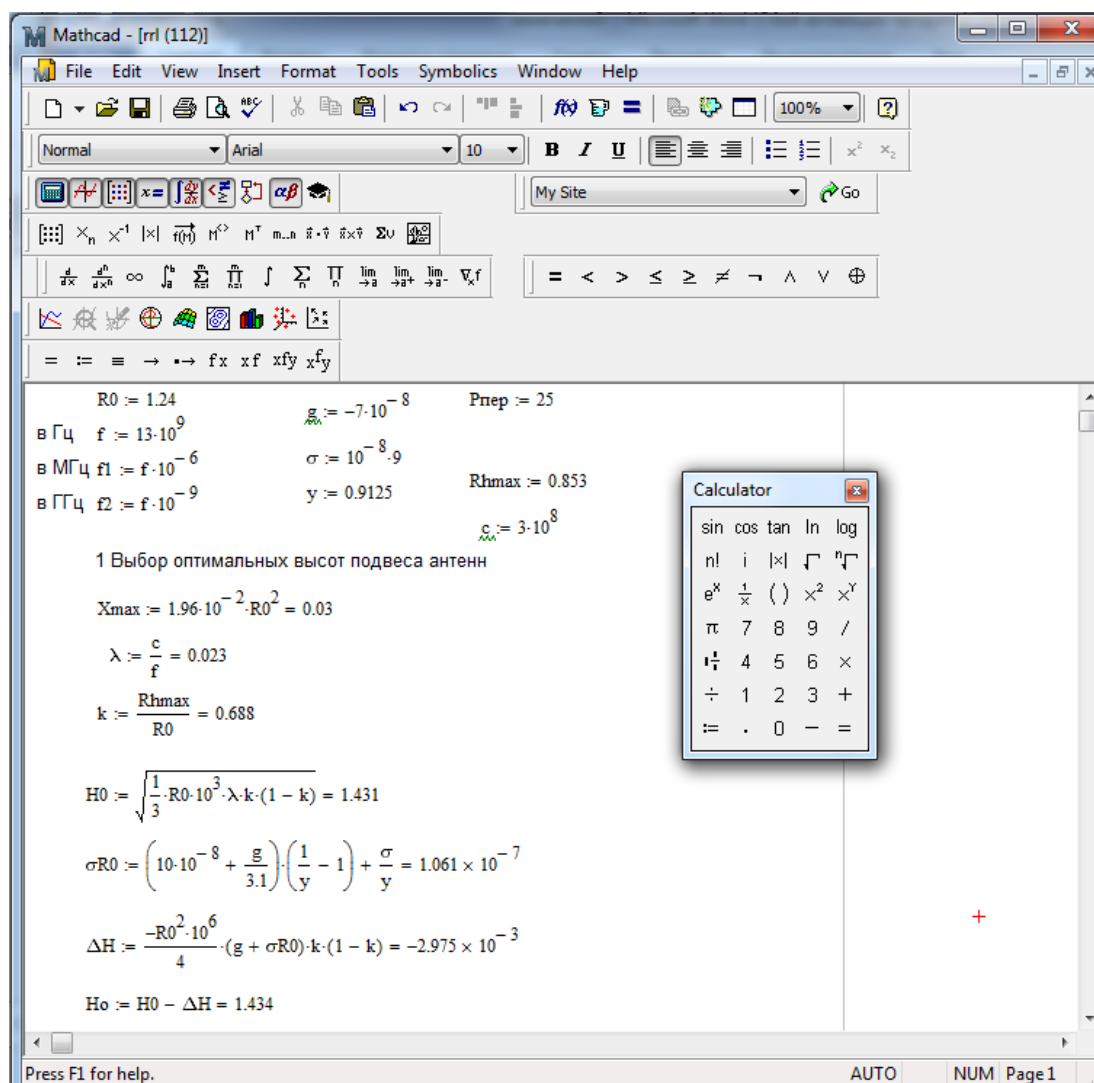


Рисунок В.1 – Окно программы MathCad 14 при определении высот подвеса антенн

Продолжение приложения В

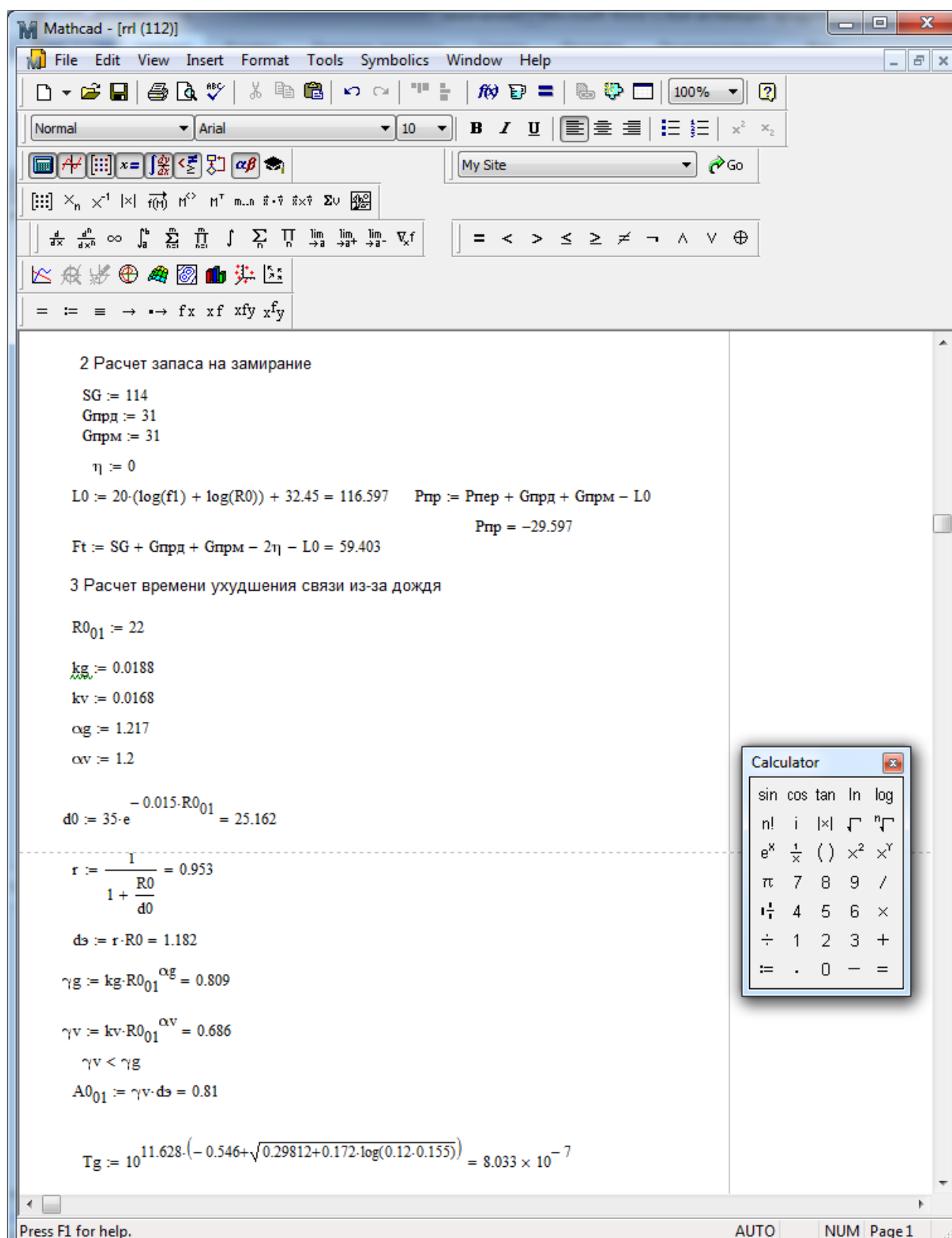


Рисунок В.2 – Окно программы MathCad 14 при расчете параметров устойчивости связи

Продолжение приложения В

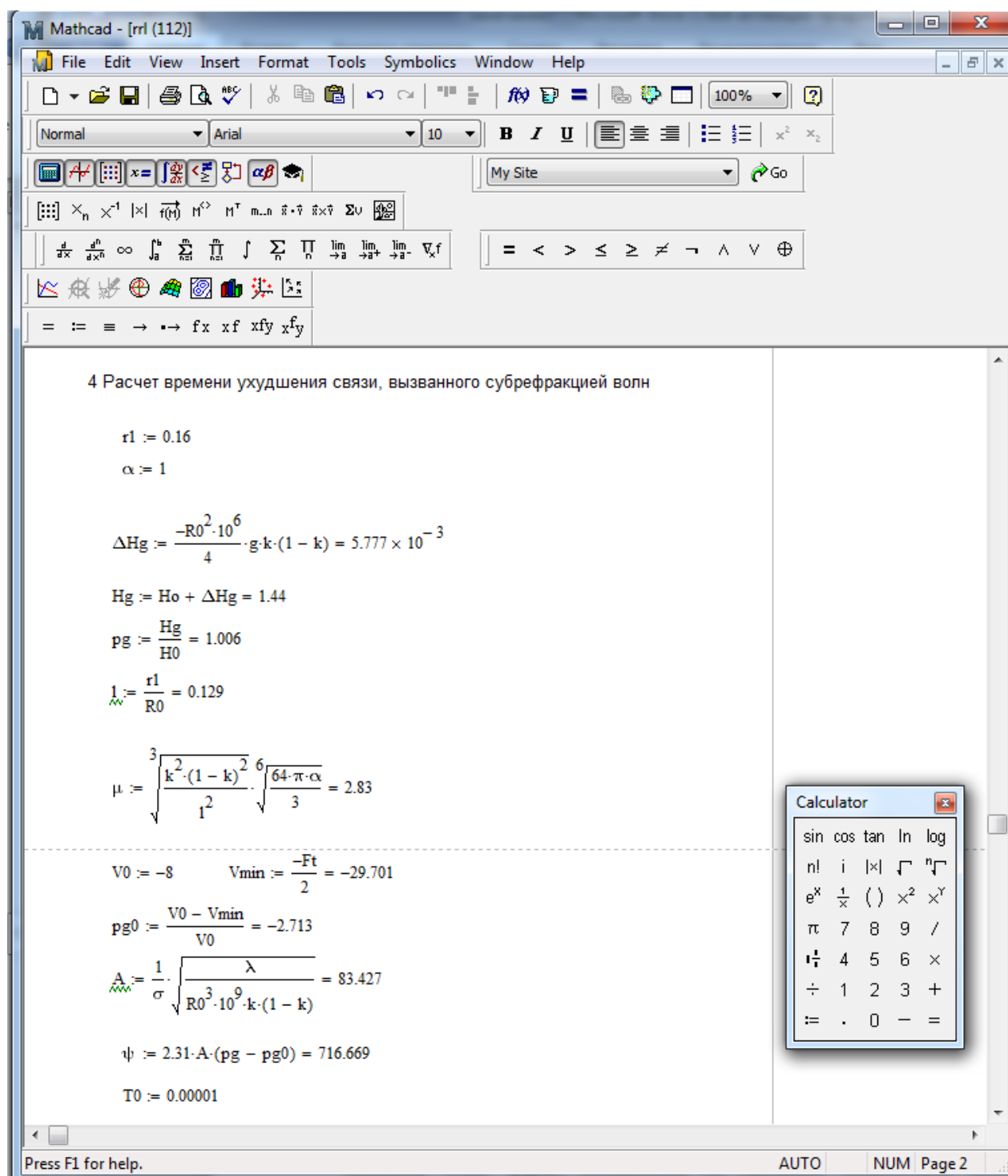


Рисунок В.3 – Окно программы MathCad 14 при расчете параметров влияния субрефракции волн

Продолжение приложения В

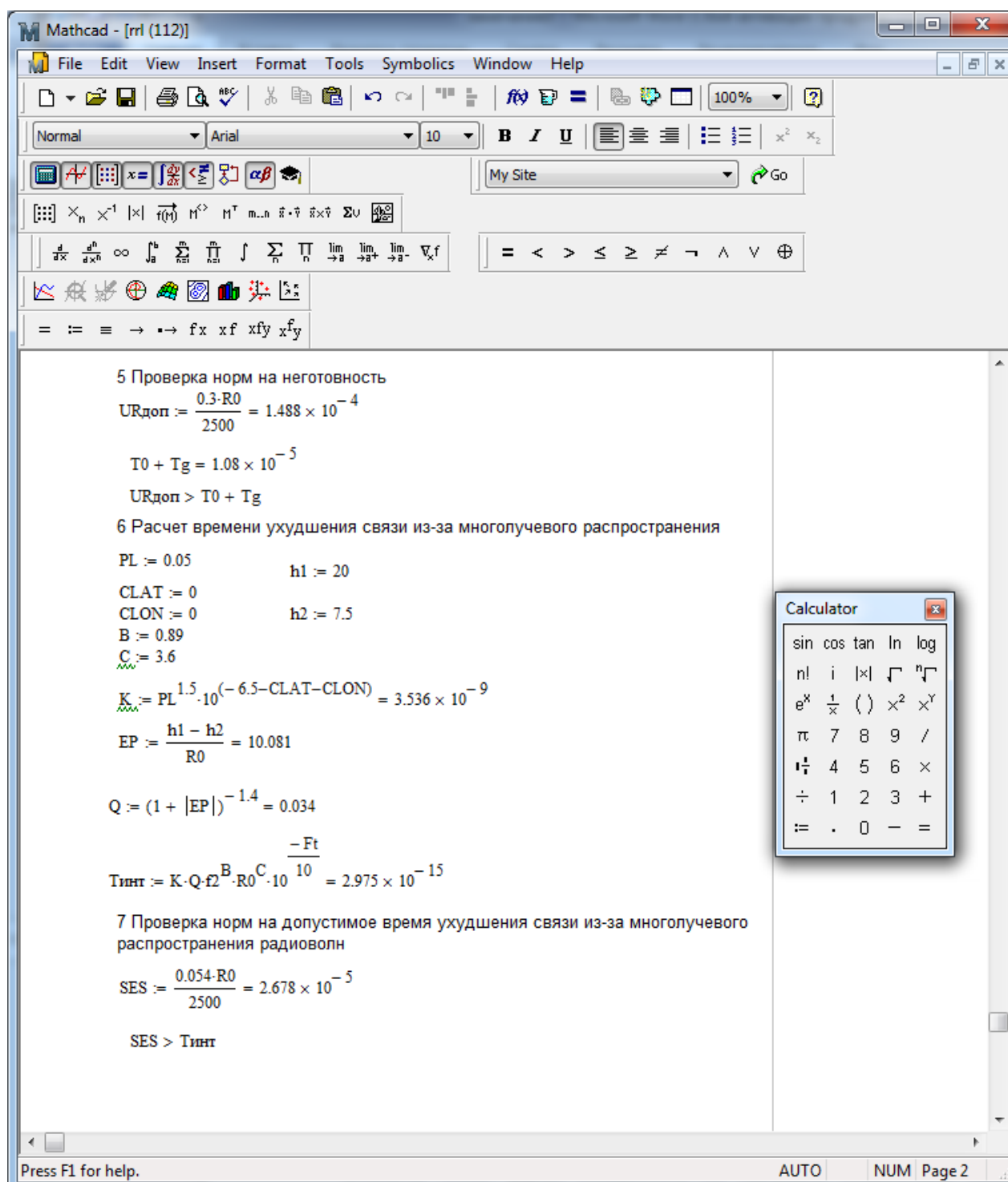


Рисунок В.4 – Окно программы MathCad 14 при расчете норм устойчивости СВЯЗИ

Приложение Г

Построение графиков и таблиц в среде Excel

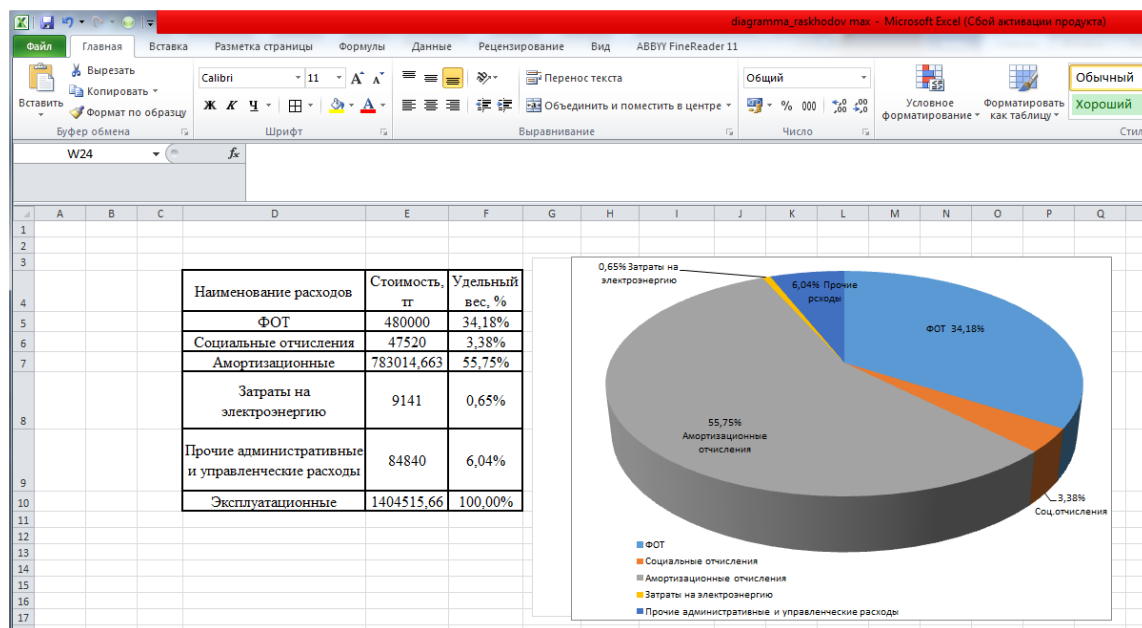


Рисунок Г.1 – Окно программы Microsoft Office Excel при расчете потерь

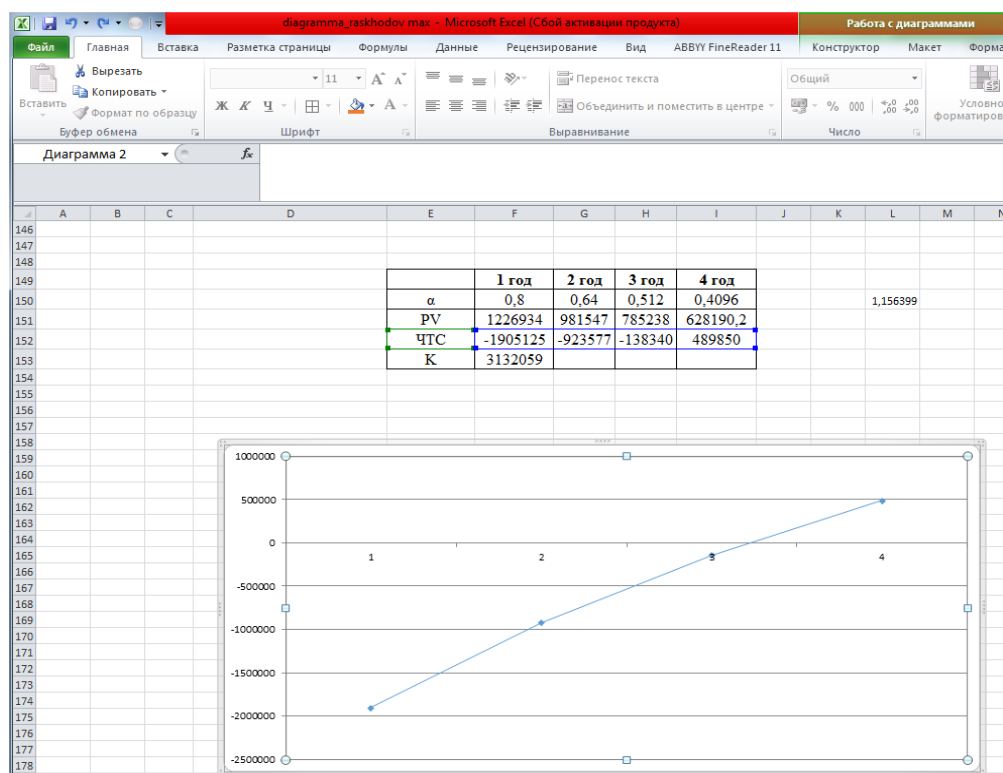


Рисунок Г.2 – Окно программы Microsoft Office Excel при расчете потерь

Продолжение приложения Г

Таблица Г.1 - Прайс-лист на оказание платных услуг в сфере связи

Название услуги	Тариф, тенге	Кол-во	Итого, тенге
Услуги соединения с сетью по выделенной линии (доступ Internet)	-	-	-
Стандартный порт, пропускная способность 10240 Кбит/с	56000	1	56000
Услуги телефонной связи	-	-	-
Выделение абонентского номера городской телефонной сети	16000	3	48000
Абонентский номер городской телефонной сети	3600	3	1080
Прочие услуги	-	-	-
Техническая поддержка последней мили на базе радиорелейного оборудования	40000	1	40000