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: Разработка сети передачи данных на основе создания цифровых РРЛ.

Специальность 5В071900 Радиотехника электроника и телекоммуникация

Выполнил (а) Тамшева Ж. С МТСу-10-1
(Фамилия и инициалы) группа

Научный руководитель Жидов Н.Н, магистр ст. пр
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)

Консультанты:

по экономической части:
Бабич А.А. старший преподаватель
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
_____ «12» июня 2014 г.
(подпись)

по безопасности жизнедеятельности:
Манапбаева С.Е. старший преподаватель
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
_____ «11» 06 2014 г.
(подпись)

по применению вычислительной техники:
Сейтенова Д.О ст. препод.
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
_____ «11» 06 2014 г.
(подпись)

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

Нормоконтролер: ст. преп. ТКС Кондратович А.Н
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
_____
«16» 06 2014 г.
(подпись)

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

Алматы 2014 г.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество

АЛМАТИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ

Факультет _____

Специальность 5В071900 „Радиотехника, электроника и телекоммуникации"

Кафедра телекоммуникационных систем

ЗАДАНИЕ

на выполнение дипломного проекта

Студент Тлапшева Жулдыз Султанкуловна

(фамилия, имя, отчество)

Тема проекта Разработка сети передачи данных на основе создания цифровых РРЛ.

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

Выбор оборудования PASOLINK Mx.
Выбор ОВЧ, выбор ДРЧ. Расчет высоты подвеса антенны. Выбор диапазона частот.

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

Разработка сети передачи данных Нурішского РУТ Карагандинской области на основе создания цифровых РРЛ.
1. Анализ существующей сети
2. Цифровые РРЛ.
3. Выбор оборудования
4. Проектирование участка Киевка - Центр - Щербаковское
5. Выводы по работе.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)

Рисунок 1.1. - Существующая схема организации связи в Кузнецком РЭТ

Рисунок 1.5 - Многократные РРЛ

Рисунок 3.1. Применение оборудования PASOLINK NEO.

Рекомендуемая основная литература

1. Малинский Б.Н. Проектирование цифровых радиорелейных линий: Учебное пособие / СибГУТИ, г. Новосибирск. - 2006 г.
2. Конспект лекций по дисциплине „Спутниковые и радиорелейные системы передачи"
3. Атлас автомобильных дорог.
4. Малинский Б.Н. Низкочастотные цифровые радиорелейные станции / СибГУТИ. - Новосибирск, - 2006 г.
5. Носов В.И. Радиорелейные линии синхронной цифровой иерархии. Новосибирск, 2003. - 159 стр.

Консультанты по проекту с указанием относящихся к ним разделов

Раздел	Консультант	Сроки	Подпись
Экономич. часть	Табич А.А.	24.04 - 12.06	
БЖД	Маншибаева С.Е.	23.04 - 11.06.	
Выч. тех	Сейсенова Д.О.	28.05 - 11.06.14	

Г Р А Ф И К
подготовки дипломного проекта

№ п/п	Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления руководителю	Примечание
1	Анализ существующей сети	20.02.2014 г	20%
2	Цифровые АТС	25.03.2014 г	20%
3	Выбор оборудования	10.04.2014 г	20%
4	Проектирование Тракта Киевка-Щербановское	20.04.2014 г	20%
5.	Выводы по работе	28.04.2014 г	20%

Дата выдачи задания «10» октября 2013 г.

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

Руководитель _____ старший ст. пр. Карбов В.М.
(подпись) (Фамилия и инициалы)

Задание принял к исполнению студент _____ Тамениева Ж.С.
(подпись) (Фамилия и инициалы)

АННОТАЦИЯ

В выпускной работе представлена разработка сети передачи данных Нуринского РУТ Карагандинской области на основе создания цифровых РРЛ.

В данной работе спроектирована цифровая радиорелейная линия связи, которая отвечает требованиям качественного обслуживания по трассе Киевка-Изенды-Щербаковское с использованием оборудования Pasolink.

Сеть построена на основе расчетов зоны покрытия, абонентской нагрузки и надежности.

В работе описаны меры безопасности жизнедеятельности при эксплуатации оборудования.

В экономической части произведен расчет капитальных затрат и эксплуатационных расходов.

АҢДАТПА

Бітіру жұмысында сандық РРЖ құру негізінде Қарағанды облысы, Нуринск АТТ ақпарат тарату желісін жобалау келтірілген.

Бұл жұмыста Pasolink құрылғысын пайдалану арқылы Киевка-Изенды-Щербаковск трассасы бойында сапалы қызмет көрсету талаптарына жауап беретін сандық радиорелелі байланыс жолағы жобаланған.

Желі қамту аумағын, абоненттік жүктеме және сенімділігін есептеулер негізінде құрылған.

Жұмыста жабдықтарды пайдалану кезіндегі өміртіршілік қауіпсіздігінің шаралары сипатталды.

Экономикалық бөлімде капиталдық және падалану шығындардың есептеулері келтірілген.

ANNOTATION

In final work is presented a design of network of data transmission in Nurinsk DNT in Karagandy Province to creating digital RRL.

In this work was projected digital Radiorelay line of connection, which meets the requirements of quality service on track Kievka-Izendy-Sherbakovskoe with using a device Pasolink.

The network is based on calculations of coverage area, subscriber load and reliability.

In the work was described security measures of vital functions while exploitation of device.

In the economical part of work produced a calculation of capital expenditures and exploitative expenditures.

Содержание

Введение ……....7
1. Анализ существующее сети……..…8
1.1 Общая информация о Нуринском районе……..…8
1.2 Характеристика телефонной сети Нуринского РУТ…….....8
1.3 Анализ проблем……..10
1.4 Перспективы развития цифровых радиорелейных линий……..10
1.5 Кратко о развитии РРС……...13
1.6 Радиорелейные линии связи……..15
1.7 Сравнение радиорелейных линий и кабельных линий связи……18
1.8 Классификация РРЛ……....18
1.9 Цифровые радиорелейные станции……..21
1.10 Поколения РРЛ……....24
1.11 Постановка задачи……..27
2. Цифровые РРЛ……...28
2.1 РРЛ прямой видимости……28
2.2 Планы разнесения частот……..29
2.3 Модуляции, применяемые ЦРРС……30
2.4 Рекомендации по выбору рабочих частот…….…..31
2.5 Особенности построения цифровых РРЛ……33
3. Выбор оборудования……36
3.1 Выбор радиорелейной системы……36
3.2 Преимущества PASOLINK…….…..38
3.3 Блок схемы системы…….…39
4. Расчеты по проектируемой ЦРРЛ……41
4.1 Определение числа пролетов и выбор трассы РРЛ……41
4.2 Определение оптимальных высот подвеса антенн на пролетах ЦРРЛ…….……..…42
4.3 Проектирование трассы Киевка-Изенды-Щербаковское……..45
4.4 Определение устойчивости связи……47
4.5 Вероятность ошибки, проскальзывание и фазовое дрожание импульсов……..48
4.6 Расчет коэффициента усиления цифрового СВЧ ретранслятора……..50
4.7 Разработка имитационной модели проектируемой трассы ЦРРЛ Киевка-Изенды-Щербаковское на основе пакета NetCracker Профессионал 4.1……...……51
5. Безопасность жизнедеятельности……57
5.1 Расчет производственного освещения…….…...57
5.2 Расчет естественного освещения……57
5.3 Расчет искусственного освещения……....59
5.4 Анализ условии труда рабочего персонала базовой станции……..63

5.5 Лазерная безопасность……..68
5.6 Воздействие лазерного излучения на органы зрения……..68
5.7 Гигиеническое нормирование лазерного излучения……..…69
6. Бизнес план……...……..72
6.1 Цель бизнес -плана……72
6.2 Характеристика отрасли……72
6.3 Риски предприятия ……..…73
6.4 Анализ существующих проблем ……73
6.5 Выбор оборудования …..……...74
6.6 Расчет затрат по эксплуатации средств связи ……..…..75
Заключение ……..81
Перечень сокращений…….82
Список литературы…….83

Введение

Оцифрованные магистрали, на базе которых строятся современные сети передачи информации, должны быть стандарта SDH (Synchronous Digital Hierarchy – это синхронная дискретная иерархия), определяющему основные характеристики цифровой линий связи для сети передачи данных. Эти линии связи обеспечивают передачу любых видов трафика: текста, звука, речи, изображений и видеофильмов при помощи дискретных электрических сигналов [1].

РРС может использоваться вместо широкополосных оптоволоконных линий связи, создаваемых в городских условиях для связи между узловыми АТС и другим оборудованием связи. Такие РРС могут встраиваться в телекоммуникационные сети, отвечающие за стандарты SDH/SONET.

В труднодоступных местах, в сельской местности и в пригородных районах радиорелейная связь для местных и внутризоновых сетях входящих в состав фиксированных сетей связи общего пользования (ССОП) является предпочтительной. При организации сетей связи применяют среднескоростные цифровые радиорелейные станции (ЦРРС) в диапазоне частот от 7 до 40 ГГц или малоканальные ЦРРС диапазонов 150 и 400 МГц [2].

Вопрос применения того или иного вида связи или комбинации их в инфраструктуре сети диктуется географическими условиями, и экономическими, и социальными факторами, нуждами обороны и безопасности нашей страны. Технические устройства связи и методы их работы должны быть связаны в единую систему.

Главной задачей, решающейся при создании многоканальной связи, будет увеличение дальности связи и числа каналов. Радиорелейные станции (РРС) используются при организации цифровых радиорелейных линий (РРЛ) телефонных каналов, каналов передачи данных, и для передачи программ теле-радиовещания. Годы эксплуатации радиорелейных линий выяснил достоинства этого рода связи, которые значительно расширяли возможности связи вообще.

Поэтому, беря в расчет, географическое расположение Нуринского района, при учете экономического состояния района, без применения радиорелейной связи не обойтись.

1 Анализ существующей сети

1.1 Общая информация о Нуринском районе

Нуринский район находится в Карагандинской области. Административный центр поселок Киевка. Нуринский район один из крупнейших зерновых районов республики Казахстан. В районе около 36 населенных пунктов. Население около 28550 человек. Площадь района примерно 46326 км². Расстояние до областного центра около 210 км.

Киевка –это поселок городского типа. Бывшее название Қаратал. Находится на реке Улькен-Кундызды (приток Нуры) примерно в 165 км к северо-западу от Караганды. Расстояние от поселка Киевка до города Астаны - 101 км. Географическое положение поселка: Киевка 50° с.ш. 71° в.д., Щербаковское 49° с.ш. 71 в.д. расстояние 67,46 км между ними по прямой.

1.2 Характеристика телефонной сети Нуринского РУТ

Схема действующей организации связи построена по радиальному принципу построения сельских телефонных сетей, схема, которой приведена на рисунке 1.1.

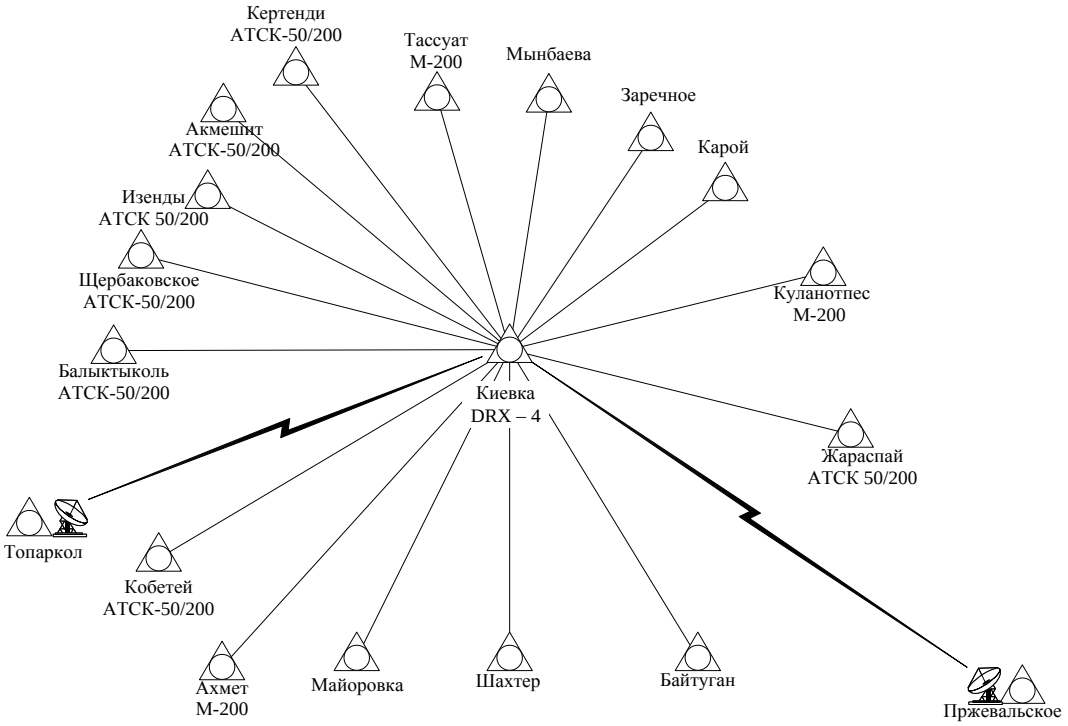

Рисунок 1.1 – Существующая схема организации связи в Нуринском РУТ

В Нуринском РУТ действуют 19 телефонных станций.

Станция в поселке городского типа Киевка является центральной станцией (ЦС) к ней подсоединены 18 оконечных станций (ОС). На ЦС работает электронная АТС типа DRX-4, емкость составляет 1920 номеров, действующая емкость – 1816 номеров, коэффициент задействованости емкости составляет 94,5%. Из 18 конечных станций только 8 сельских телефонных станций, электронного типа (М-200 и DS-200), а 10 аналоговых АТС. В таблице 1.1 указана техническая информация о названии АТС, его монтированная и задействованная емкость, тип линий связи и его длина.

Таблица 1.1 – Данные по АТС Нуринского РУТ

Наименование	Тип АТС	Монтир. емкость	Задейст. емкость	Система передачи	Длина СЛ, км
Киевка	DRX-4	1920	1816	-	-
Акмешит	АТСК-50/200	150	100	LVK-12	65
Ахмет	М-200	336	315	ИКМ-15	43,08
Балыктыколь	АТСК-50/200	50	41	В-3-3С	121
Байтуган	DS-200	288	256	ИКМ-30	18
Жараспай	АТСК 50/200	150	100	LVK-12	56
Заречное	DS-200	312	286	ИКМ-30	18
Изенды	АТСК-50/200	150	150	LVK-12	89
Карой	DS-200	152	112	ИКМ-30	11,5
Кертенди	АТСК-50/200	150	150	ИКМ-15	40
Кобетей	АТСК-50/200	200	200	ИКМ-15	25
Куланотпес	М-200	152	109	LVK-12	76
Майоровка	DS-200	256	238	OLT DSL	12
Мынбаева	DS-200	312	224	ИКМ-30	25
Пржевальское	АТСК-50/200	200	150	Sky Edge	200
Тассуат	М-200	312	271	LVK-12	36
Топаркол	АТСК-50/200	50	49	Sky Edge	200
Шахтер	DS-200	312	272	OLT DSL	32,5
Щербаковское	АТСК-50/200	200	199	LVK-12	110

Общая монтированная емкость всех станций 5652 номеров. Использованная емкость – 5038 номеров, процент задействованной емкости составляет – 89,14%. Из 5038 использующихся номеров 970 номеров от аналоговых АТС. На аналоговых АТС имеется оборудование УПИ-АОН для автоматического определения номера вызывающего пользователя при установлении автоматической междугородной связи.

Телефонная сеть поселка Киевка построена по системе шкафа с использованием прямого питания и в кабельной канализации монтированы магистральные кабели, распределительные кабели подвешены на опорах связи. Тип использованных кабелей -ТПП.

Взаимодействие ЦС Киевка и ОС строится по воздушным, кабельным и спутниковыми линиями связи. Соединительные линии ЦС с оконечными станциями уплотнены разным оборудованием как цифровыми, так и аналоговыми применением аппаратуры уплотнения разных типов: ИКМ-30, ИКМ-15, LVK-12 и В-3-3С. Населенные пункты Пржевальское и Топаркол телефонизированы при помощи спутниковой связи. Связь между ЦС Киевка и АМТС (автоматическая междугородная телефонная станция) осуществляется по ВОЛС. На сети Нуринского РУТ принята закрытая система нумерации. В ЦС и ОС принята пятизначная система нумерации.

ЦС Киевка осуществляет функции узла спецслужб и обеспечивает взаимодействие с АМТС при исходящей междугородной связи. При этом с г. Караганда организовано четыре потока.

1.3 Анализ существующих проблем

Из приведенного выше видно, в Нуринском районе насчитывается 36 населенных пунктов, а телефонизировано 19. Из 16 ОС, которые связаны с ЦС Киевка проводными СЛ, воздушные соединительные линии связи составляют 7 (37%). Значит , это многозатратное соедининие, которое требует постоянного обслуживания этих линий . В общей сложности ВЛС составляют 553 км. На базе ВЛС организовано 75 каналов тональной частоты.

По направлению пунктов Киевка-Изенды-Щербаковское смонтирована воздушная линия связи. Много опор износилось, часто обрываются провода. При этом приходится осуществлять очень много восстановительных работ. Вокруг населенного пункта Щербаковское, которое от ЦС Киевка находится в 110 км, еще много других не телефонизированных населенных пунктов (с. Амантау, с. Индустриальный). Кроме этого, используемые аналоговые каналы ограниченны спектром (0,3-3,4 кГц) и наличием помех, не дают обеспечить быструю скорость передачи данных нужную на данном этапе.

Беря в расчет, географическое расположение Нуринского района при учете экономического состояния района, без применения радиорелейной связи не обойтись.

1.4 Перспективы развития цифровых радиорелейных линий

Оцифрованные магистрали, на базе которых строятся современные сети передачи информации, должны быть стандарта SDH (Synchronous Digital Hierarchy – это синхронная дискретная иерархия), определяющему основные характеристики цифровой линий связи для сети передачи данных. Эти линии связи обеспечивают

передачу любых видов трафика: текста, звука, речи, изображений и видеофильмов при помощи дискретных электрических сигналов [1].

Диапазон использования современных цифровых радиолиний достаточно широк, они позволяют:

1.-быстро наращивать возможности системы связи путем установки оборудования РРС в зданиях узлов связи, применяя антенно-мачтовые устройства и другое оборудование, это уменьшает затраты на создание радиорелейных линий связи;

2.- организовывать многоканальную связь в районах со слабо развитой инфраструктурой связи, и для участков местности со сложным рельефом;

3.- разворачивать разветвленные цифровые сети в районах, больших городах и индустриальных территориях, где монтаж нового кабеля слишком дорог или невозможен;

4.-быстро восстанавливать связь в районах при стихийных бедствиях, а так же при спасательных операциях и др.

Сеть РРС может использоваться как однопролетная линия, многопролетная линия так и радиорелейная сеть.

Однопролетная РРЛ строится на базе двух территориально разнесенных РРС. Такие радиолинии могут использоваться при соединении базовых центров сотовой связи, АТС и других объектов. Примером такой структуры может служить радиолинии, разработанные фирмой Nera (Норвегия). РРЛ с пропускной способностью 155 Мбит/с и емкостью 1920 цифровых каналов связала Центробанк с его подразделением, удаленным на 140 км.

Примерным вариантом радиорелейной сети может быть созданная в качестве первичной сети цифровая радиорелейная магистраль из 16 РРС, соединенных в кольцо, от узловых станций связи которой отведены три радиолинии с семью другими РТС. Горный рельеф позволил расширить некоторые пролеты между РРС до расстояния 165 км. Сеть охватывает многие регионы республики Казахстан и имеет выходы на наземную станцию спутниковой связи COMSTAT (США) с антенной, направленной на искусственный спутник Intelsat 630, это позволяет выход сети связи республики Казахстан на национальные сети связи и телекоммуникационные системы многих стран Азии и Европы. Большое применение получили малогабаритные, быстро монтируемые РРС на диапазонах 18, 23 и 36 ГГц, они способны передавать на расстояние до 25 км как аналоговый, так и цифровой трафик со скоростью до 34 Мбит/с. Стандартное использование цифровых РРС этих диапазонов -это организация сетей местной связи, сетей сотовой и транкинговой связи. В транкинговом случае, как правило, применяются однопролетные РРЛ типов: «базовая станция» - «базовая станция» и «базовая станция» - «коммуникационная станция».

РРС может использоваться вместо широкополосных оптоволоконных линий связи, создаваемых в городских условиях для связи между узловыми АТС и другим оборудованием связи. Такие РРС могут встраиваться в телекоммуникационные сети, отвечающие за стандарты SDH/SONET.

Основными направлениями использования радиолиний в этом случае будут:

- это сама магистраль РРЛ которая вписывается в городские сети связи SDH/SONET и служит для образования колец, при соединении между кольцами и при подключении удаленных узлов доступа. Линия связи может использоваться как альтернатива оптоволоконному тракту;

- доступом к сети связи по АТМ. РРЛ соединяется с оконечным сетевым устройством сети АТМ и сетевым концентратором доступа сети АТМ;

- соединением между собой различных сетей -АТМ, FAST ETHERNET и др.

В 1994 г. производители начали выпускать РРС серии «Радан-МС», «Радан-МГ», а так же семейство станций «Эриком», «Пихта-2», «Радиус-15», «Комплекс-15» др. В тот период РРС по техническому состоянию и надежности не могли конкурировать с зарубежными станциями. В дальнейшем положение поменялось, и были разработаны РТС нового поколения - серия станций «Просвет», станции «Радиус-ДС», «Радиус-а м», «Звезда-И», «Радиус-18» и др, которые конкурентны с зарубежными станциями.

Так беря в учет, что инфраструктура мировой и региональных сетей цифровой связи, развивается как интегрированная первичная транспортная сеть, которая обеспечивает передачу любого вида трафика, базирующаяся на комплексном использовании проводной, радио, радиорелейной, тропосферной и спутниковой видов связи. Радиорелейная связь занимает в этой структуре свое твердое место.

Вопрос применения того или иного вида связи или комбинации их в инфраструктуре сети диктуется географическими условиями, и экономическими, и социальными факторами, нуждами обороны и безопасности нашей страны. Технические устройства связи и методы их работы должны быть связаны в единую систему. Это обуславливает внимание к решению вопросов организации связи и необходимостью дальнейшего развития технических устройств и методов применения технологий связи, в том числе и радиорелейной.

Цифровые радиорелейные системы связи (ЦРСС) зачастую используются потребителями как первичные сети связи. При этом иерархический уровень этих сетей связи бывает различным: магистральные, внутризоновые и местные сети.

Цифровые радиорелейные линии (ЦРРЛ) являются основой протяженных магистралей ведомственных и корпоративных сетей применяемых сегодня.

В труднодоступных местах, в сельской местности и в пригородных районах радиорелейная связь для местных и внутризоновых сетях входящих в состав фиксированных сетей связи общего пользования (ССОП) является предпочтительной. При организации сетей связи применяют среднескоростные цифровые радиорелейные станции (ЦРРС) в диапазоне частот от 7 до 40 ГГц или малоканальные ЦРРС диапазонов 150 и 400 МГц [2].

Стандартное и частое использование ЦРРЛ - в сетях сотовой подвижной связи (СПС): при присоединении базовых станций (БС) и повторителей в инфраструктуре региональной сети СПС 2G/2.5G/3G (так называемых линий Backhaul). Использование операторами технологий широкополосного беспроводного абонентского доступа (в том числе на основе решений Pre-WiMAX/WiMAX) вызывает спрос на ЦРРС, так как ЦРРЛ является одним из эффективных средств прохождения трафика до места доставки в сетях доступа. При этом доля

иностранного оборудования высока и составляет порядка 87% объема рынка (выраженном в количестве станций). При исследовании ряда аналитических компаний (Unstrung Insider), эксперты говорят, что мировой рынок ЦРРС существенно возрос за последние 7 лет. При этом виднеется тенденция к объединению игроков, которая веедет к тому, что в сегменте оборудования для сетей сотовой связи сформировалась лидирующая 5 производителей: Ericsson, Nokia Siemens Networks, NEC, Harris Stratex Networks, Alcatel-Lucent. На рисунке 1.2 представлена диаграмма распределения поставок ЦРРС в мире.

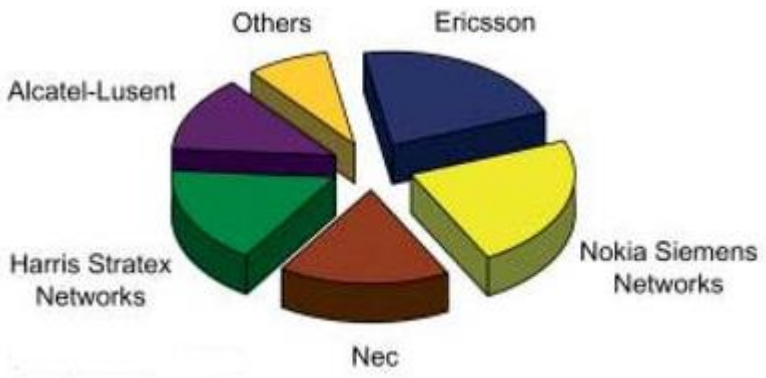

Рисунок 1.2 – Распределение поставок ЦРРС в мире

1.5 Кратко о развитии РРС

Радиорелейные станции (РРС) используются при организации цифровых радиорелейных линий (РРЛ) телефонных каналов, каналов передачи данных, и для передачи программ теле-радиовещания. Годы эксплуатации радиорелейных линий выяснил достоинства этого рода связи, которые значительно расширяли возможности связи вообще. Это:

-1. быстрота и экономия при монтаже линий связи;

-2.экономически пригодная, и иногда единственно возможная организация многоканальной связи на территориях, где сложный рельеф (лес, горы, болота и пр.), и в тех местах, где прокладка кабеля невыгодна;

-3.возможность быстрого аварийного восстановления линий связи магистралей путем замены ее на поврежденных участках;

-4. качество , не уступающее проводной связи.

Сначала РРЛ строились при расчете для передачи аналоговых сигналов.

Необходимость передавать данные – информацию, представленную в дискретном цифровом виде, натолкнула на создание цифровых систем передачи, убыстрила разработку современных методов преобразования дискретной информации в аналоговую и обратно (методы модуляции и демодуляции), и методов ее кодирования. Появились системы, способные обмениваться цифровым потоком–

системы передачи данных (СПД). Появились цифровые РРС [1]. В 2004 году было разработано новое поколение радиорелейных станций плезиохронной цифровой иерархии PDH со скоростями от 2 до 34 (4х2, 8х2, 16х2) Мбит/с (таблица 1.2).

Таблица 1.2 – Дальность пролета РРЛ ПЦИ (PDH)

Диапазон частот, ГГц	7	8	15	18	23
Ориентировочная дальность, км	до 55	до 50	до 40	до 30	до 20

В 2005 году было разработано новое семейство радиорелейных станций синхронной цифровой иерархии SDH со скоростью 155 Мбит/с (STM-1), данные по дальности пролета приведены в таблице 1.3.

Таблица 1.3 – Дальность пролета РРЛ СЦИ (SDH)

Диапазон частот, ГГц	4	5	6	7	8	15	18	23
Ориентировочная дальность, км	до 60	До 60	До 55	До 50	До 50	До 30	До 20	До 15

Цифровые и аналоговые радиорелейные станции используются для передачи теле и радиовещания .

Радиорелейная связь, это радиосвязь, используемая для цепи приемо-передающих радиостанций, как правило, находящихся друг от друга на расстоянии прямой видимости их антенн

В наше время идет установка цифровых систем передачи, работающих по РРЛ, удобство использования цифровых РСС (ЦРРС) при решении разных телекоммуникационных задач обусловлено, их технико-экономическими показателями и такими преимуществами, как:

-А-это возможность передачи разнородного и разноскоростного трафика (речь, видео, данные, сигналы охранной сигнализации, телеуправления и т.д.), приведенного к одному цифровому формату;

-В-это быстрота монтажа линий связи (при наличии частотного разрешения - несколько дней);

-С-это цена (от 6 до 10 тыс. дол. за один пролет протяженностью до 30-50 км с пропускной способностью, равной сотням телефонных каналов);

-D-это возможность построения сетей различной топологии («звезда», «кольцо», с радиальной и узловой структурой и т.д.), отвечающих интересам разных пользователей;

-Е-это малые затраты на эксплуатацию и тех.обслуживание станций.

Зона применения с учетом выше сказанных достоинств позволяют эффективно использовать низкоскоростные ЦРРС с целью:

- при развертывании однопролетных линий местной связи ("точка - точка");

- при инсталяции удаленных ведомственных, корпоративных и частных абонентов (например, к ТСОП);

- для доступа к ресурсам в сети Интернет;

- при ответвлении потока от магистральной линии связи;

- для резервирования наиболее важных направлений связи;

- при передаче телевизионного трафика из студии до передающего или трансляционного оборудования;

- при телефонизации сельской местности;

-для организации соединительных линий связи для оконечных цифровых АТС, для связи с их выносными модулями;

-при построении внутризоновых сетей и т.д.

В соответствии с действующими сейчас техническими требованиями радиорелейные средства местной и внутризоновой связи немного различаются между собой по частотным характеристикам (для средств местной связи выделен более широкий диапазон). Кроме этого, они кардинально отличаются по уровню предъявляемых к ним требований, и также по возможностям управления для обеспечения сервисных услуг. Здесь средства внутризоновой радиорелейной связи имеют преимущества[3].

1.6 Радиорелейные линии связи

Система передачи информации- это набор технических средств, которые обеспечивают возникновение типовых каналов передачи, а также и групповых трактов первичной сети единой сети электросвязи, и также линейного тракта, по которому сигналы электросвязи передаются при помощи радиоволн в открытом пространстве.

С применение нынешних систем передачи информации можно передавать любой вид трафика: телефонные, телеграфные и фототелеграфные сообщения, программы телевидения и звукового вещания, цифровую информацию и т.д.

Для передачи речи, в микрофоне происходит преобразование звукового давления в изменение электрического напряжения. При передаче телеграмм каждый символ меняется телеграфным аппаратом в определенную последовательность импульсов.

Информационный трафик передается по каналам связи (рисунок 1.3).

Сам процесс передачи сообщений можно разбить на три этапа:

– Это преобразование сообщения в сигнал;
– Это передача сигнала по линии связи;
– Это преобразование полученного сигнала в сообщение.

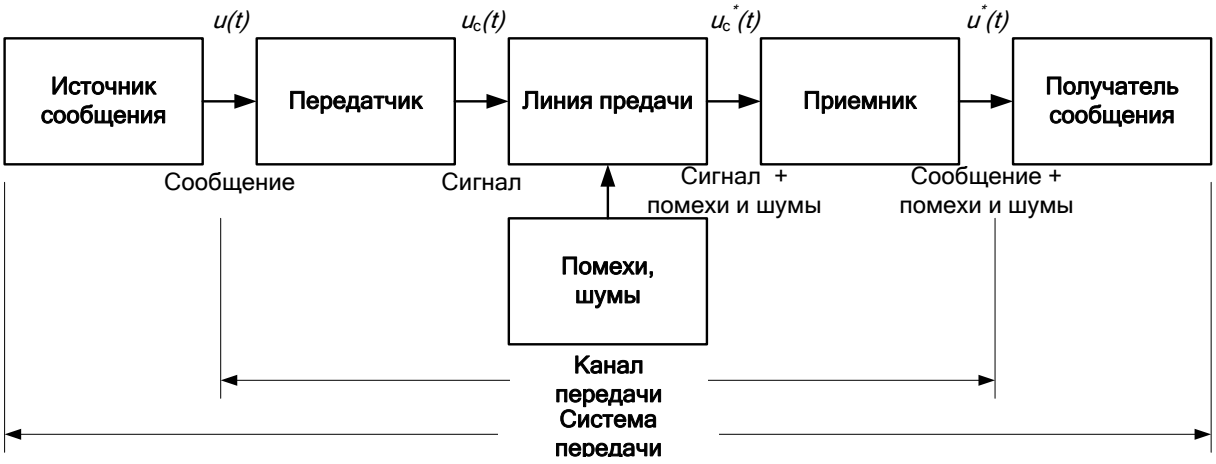

Рисунок 1.3 – Структурная схема системы передачи

Сообщение – это напряжение на выходе преобразователя.

Источник сообщения – это физический источник информации вместе с преобразователем.

Линией связи- это среда передачи электромагнитных волн, используемая при передаче сигналов от передатчика к приемнику. Средой передачи могут быть воздушная, кабельная, радиорелейная линии связи, волноводы и т.д. Передатчик, приемник и линия связи составляют канал связи. Источник сообщений, передатчик, линия связи, приемник и получатель сообщений образуют систему связи, называемую система передачи информации (СПИ).

Сообщение u(t) в передатчике (ПРД) преобразуется в сигнал $u_c(t)$, путем кодирования и модулирования. Модулирующий сигнал и сообщение одинаковы. Модулирующий сигнал меняет один из параметров несущей частоты передатчика: или амплитуду, или частоту, или фазу. Такой высокочастотный промодулированный сигнал в радиосвязи называется радиосигналом.

В ПРД высокочастотный сигнал усиливается, преобразуется и фильтруется, потом поступает на антенну. Через антенну сигнал передается в пространство, в линию передачи информации. В линии передачи электромагнитная волна используется для трансляции, для переноса сигнала от передатчика к приемнику (ПРМ).

При искажениях сигнала помехами в канале передачи информации принятый на ПРМ сигнал будет отличаться от излученного сигнала. В общем случае принятый сигнал представим следующим выражением:

$$u_c^*(t) = \underline{K}(t) u_c\left[t - \tau, \varphi, u(t)\right] + N(t), \qquad (1.1)$$

где K(t) – это комплексный коэффициент передачи канала связи;

$u_c(t)$ -это переданный сигнал;

τ – это время запаздывания сигнала;

φ - это фаза сигнала;
$u_c(t)$ – это передаваемое сообщение;
N(t) – это аддитивные помехи и шум.

В приемнике по принятому сигналу $u_c^*(t)$ восстанавливают переданное сообщение; для этого в приемнике осуществляются обратные преобразования: демодуляция, декодирование, разделение многоканального сигнала. Восстановленное исходное сообщение поступает к получателю сообщения. По этому принципу работают все системы передачи сообщений (СПИ). Принцип работы радиорелейных линий связи (РРЛ) и спутниковых систем связи (ССС) приведен на рисунке 1.4.

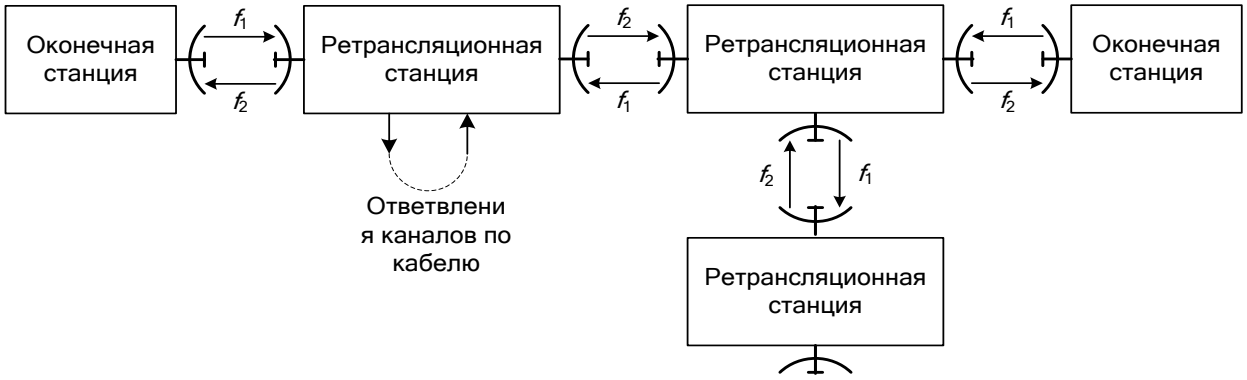

Рисунок 1.4 – Функциональная схема РРЛ

Дорогая стоимость линий связи стимулирует разработку систем и методов, позволяющих единовременно передавать по одной линии связи большое количество разных сообщений, использовать линию многократно. Такие системы передачи сигнала называются многоканальными. Связь, осуществляемую с помощью этих систем, называют многоканальной.

Главной задачей, решающейся при создании многоканальной связи, будет увеличение дальности связи и числа каналов.

РРЛ обычно работают в сантиметровом диапазоне волн. Сигналы на этих частотах распространяются в пределах прямой видимости.

Для обеспечения радиорелейной связи на равной местности в зоне прямой видимости, надо подвесить антенны над уровнем Земли на мачтах или башнях. Высоты антенных опор достигают 50 - 100 м, в зависимости от длины каждого пролета и его профиля между соседними ретрансляционными станциями РРЛ. Если станция находится на естественной возвышенности, то антенны могут быть установлены на крыше здания, где находится приемопередающая оборудование.

1.7 Сравнительный анализ радиорелейных линий и кабельных линий связи

Результат проведенного анализа показывает, при организации линий связи малой протяженности (до 5-6 км) аппаратура кабельных линий связи обходится дешевле (без учета затрат на прокладку кабеля). При таких расстояниях достаточно дорогой оказывается стоимость антенных опор РРЛ. В небольших пролетах можно использовать упрощенное антенно-фидерное устройство, вместо дорогостоящих антенных мачт. При построении коротких линий расчет затрат по конкретному проекту позволяет ответить на вопрос, какая из технологий в данном случае более выгодна. Если же длина пролета составляет 30-50 км удельные расходы на организацию РРЛ оказываются заметно ниже.

Можно использовать и другие аргументы в пользу радиорелейной связи:

-это простота преодоления естественных преград

-это отсутствие арендной платы за землю, через которую проходит трасса;

-это меньшая подверженность воздействию природных явлений;

-это более высокая степень защищенности от физического воздействия в силу точечного размещения оборудования на высокоподнятых мачтах .

1.8 Классификация типов РРЛ

По способу обработки информации РРЛ делятся на аналоговые и цифровые [4].

Цифровые РРЛ при сравнении с аналоговыми имеют гораздо больше преимуществ (малый запас на замирания 15-35 дБ вместо 35-50 дБ, многолучевость низкого уровня и эхосигналы фидеров влияния на качество передачи не оказывают, простота тех.обслуживания и измерений показателей качества передачи без перерыва связи и тд.). Поэтому в нынешнее время убыстренными темпами идет процесс оцифровизации аналоговых каналов.

Радиорелейные линии связи на базе цифровых РРС стали главной частью цифровых сетей передачи электросвязи – ведомственных, корпоративных, региональных, национальных и даже международных.

РРЛ классифицируются по следующим признакам:

- это скорость передачи цифрового потока;
- это пропускная способность канала.

В зависимости от пропускной способности сети различают РРЛ на:

- высокоскоростные (скорость передачи свыше 140 Мбит/с);
- среднескоростные (до 52 Мбит/с);
- низкоскоростные (до 8 Мбит/с).

От емкости радиорелейной линии (количество стволов и каналов в них) различают РРЛ на:

- большой емкости;
- средней емкости;
- малоканальные.

От количества пролетов в радиорелейной линии РРЛ делятся на:

- однопролетные;
- многопролетные (рисунок 1.5).

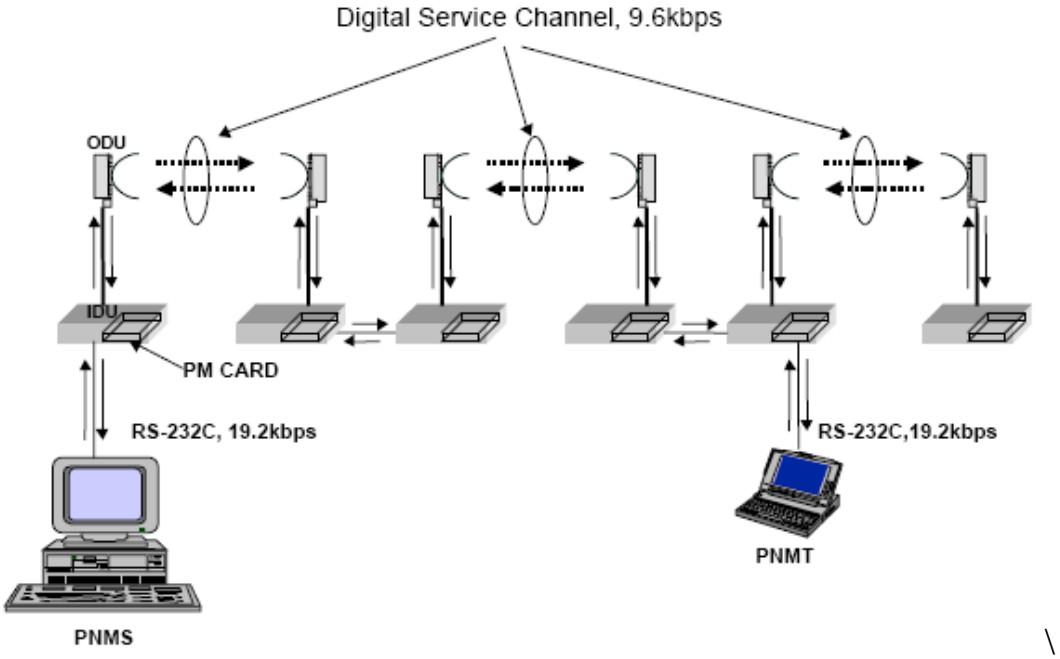

Рисунок 1.5 – Многопролетные РРЛ

Высокоскоростные и большой емкости радиорелейные линии используются в глобальных сетях передачи данных и называются они магистральными.

Среднескоростные и средней емкости радиорелейные линии –используются для создания региональных, зоновых сетей передачи данных и называются они зоновыми.

Малоканальные часто используются при организации связи на газопроводах, железнодорожном транспорте, нефтепроводах, линиях электропередачи и тд. Малоканальные радиорелейные линии с подвижными РРС используются в военных целях.

От места в сети связи РРЛ делятся на:

- местные , соединяют АТС в пределах города, так же районный центр с селом и тд.;
- зоновые, внутриобластные с условной средней емкостью 60…600 каналов ТЧ;
- магистральные, РРЛ большой протяженности;
-технологические, для организации связи при эксплуатации нефтепроводов, газопроводов.

Полосы радиочастот РРЛ находятся в диапазоне от 2 до 50 ГГц и жестко регламентируются внутри каждой полосы рекомендациями ITU (Международного союза электросвязи). Для организации канала связи по цифровой радиорелейной линии должна быть решена проблема выделения частот приема и передачи. Это решение относится к компетенции ГКРЧ Казахстана, и для РЭС всех назначений эта процедура осуществляется в соответствии с «Положением о порядке выделения

полос (номиналов) радиочастот...» и результатами рассмотрения в установленном порядке радиочастотных заявок, поступающих от заявителей. В ряде случаев, как пример, в условиях больших городов, получение свободных радиочастот в некоторых направлениях затруднено, это связано с проблемой электромагнитной совместимости с другими радиотехническими системами (РТС).

Зона применения современных оцифрованных радиолиний достаточно широка, объясняется тем, что они позволяют:

- быстро наращивать возможности системы связи путем установки оборудования РРС в помещениях узлов связи, используя антенно-мачтовые устройства и другое оборудование, это уменьшает затраты на создание радиорелейных линий связи;
- создавать многоканальную связь в регионах со слабо развитой инфраструктурой связи, и на участках местности со сложным рельефом;
- монтировать разветвленные оцифрованные сети в регионах, больших городах и индустриальных зонах, где прокладка новых кабелей очень дорога или невозможна;
-быстро восстанавливать связь в районах стихийных бедствий, при спасательных операциях и др.

Линия связи может использоваться как транспортная альтернатива ВОЛС, или для его резервирования;

- организация доступа к сети технологии АТМ. РРЛ соединяется с оконечным сетевым устройством сети АТМ и концентратором доступа сети АТМ;
- стыковка между собой сетей АТМ, FAST ETHERNET и др.

В нынешнее время появилось большое количество РТС таких диапазонов, они производятся зарубежными и отечественными фирмами. На мировом рынке представлены РТС 15 фирм, в том числе Microwave Network , Ceragon Networks. Они предлагают свои малогабаритные РТС. РРЛ в наземной радиосети вещают на частотах 2; 7; 13; 15; 18; 23; 38 ГГц с шириной полосы пропускания, равной 3,5-28 МГц, обеспечивая дальность передачи сигнала до 50 км. РРЛ производит передачу разных видов трафика по цепи ретрансляторов, устанавливаемых на высоких мачтах на расстоянии до 50-70 км так, как они находятся в зоне прямой видимости друг друга. Передача трафика через эфир происходит в диапазоне сантиметровых волн на частоте десятков ГГц. При увеличении частот устройства и антенны становятся все более компактными, а стоимость их снижается. Применяемый диапазон сверхвысоких частот причисляет РРЛ в класс широкополосных каналов. Поэтому через РРЛ прокладывается большое количество логических каналов, где передаются тексты, речь, изображения, и телевидение. Передача трафика через эфир требует принятия мер надежности:

- это использование методов модуляции с корректирующими кодами;
- это применение техники восстановления несущих частот в условиях сильных шумов;
- это параллельная передача сигналов на нескольких несущихчастотах.

1.9 Цифровые радиорелейные станции

Нынешняя цифровая РРС -это сложный технический комплекс, куда входит приемопередатчик, мультиплексор модем, система автоматического резервирования приемопередающие антенны, система телеуправления и телесигнализации, контрольно-измерительная аппаратура, система электропитания устройства служебной связи. Рассмотрим работу основных устройств системы: приемопередатчика, модема и мультиплексора. Приемо-передатчик РРС – это устройство, выполняющее функции приема и передачи модулированных электрических колебаний в заданных частотах. Приемник выделяет электрический сигнал заданной частоты от сигналов, принятых приемной антенной. От выхода приемника сигнал поступает на модулятор. Передатчик вырабатывает модулированный электрический сигнал заданной частоты для последующей его передачи передающей антенной. На вход передатчика сигнал идет из модулятора. Один комплект приемо-передающего оборудования, устанавливается на РРС, он образует ствол. Для увеличения пропускной способности канала на РРС устанавливают несколько комплектов такого оборудования –они создают несколько стволов. Модем РРС – это оконечное устройство, которое служит для модуляции/демодуляции сигнала. Поступающий от мультиплексора дискретный сигнал модем преобразует в аналоговый сигнал (непрерывный), промежуточной частоты затем передает его в приемо-передатчик, и при приеме поступающий из приемо-передатчика аналоговый сигнал преобразуется в дискретный сигнал. Так, в составе цифрового радиорелейного тракта модем исполняет функции цифрового стыка, который должен соответствовать рекомендациям G.703 МККТТ. Как правило, в модеме РРС дополнительно создаются:

- речевой канал, который позволяет организовывать служебную телефонную связь;
- канал RS-232 (9600 Бит/с), он может использоваться как дополнительный сервисный канал, так и для дистанционного контроля за параметрами.

В многопролетных системах связи ПО позволяет производить диагностику и дистанционное управление модемов. При преобразовании сигнала в модемах РРС часто применяются следующие виды модуляции:

- FSK (Frequency Shift Keying) –это частотная модуляция (ЧМ), суть которой состоит в том, что дискретные сигналы 0, 1 передаются гармоническими сигналами (синусоидами), которые имеют разные частоты;
- PSK (Phase Shift Keying) – это фазовая модуляция, где дискретные сигналы 1 и 0 передаются путем переключения двух несущихчастот, сдвинутых на полпериода относительно друг друга.

Еще вариант PSK – изменение фазы на 900 при каждом такте, при передаче 0 и на 2700 при передаче 1. Мультиплексор РРС нужен для асинхронного объединения нескольких цифровых потоков в один, например Е1 (2048 Мбит/с), Е2 (8448 Мбит/с) в сигнал Е2 (8448 Мбит/с) или сигнал Е3 (34368 Мбит/с) в соответствии с рекомендацией G.742 (G.751) МККТТ.[5] Радиорелейные станции по функциональному признаку делятся на: (рисунок 1.6):

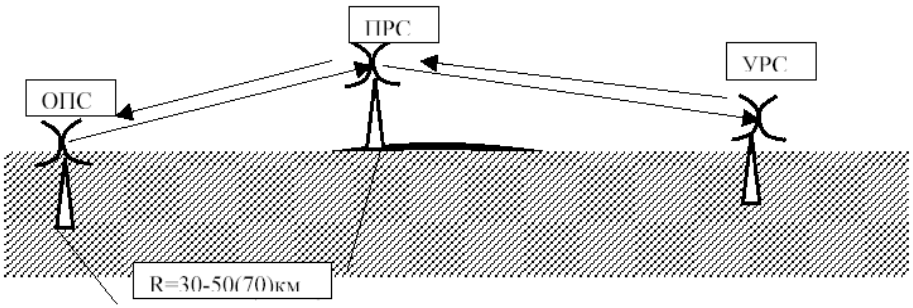

Рисунок 1.6 – Радиорелейные линии прямой видимости

- оконечные (ОРС), они осуществляют ввод и выделение передаваемой информации;

- промежуточные (ПРС), на них передаваемые сигналы ретранслируются;

- узловые (УРС), они передаваемую информацию переприниимают с возможностью ввода и выделения, тут же предусматриваются ответвления.

Оконечными называются РРС, находящиеся на концах радиорелейной линии; находящиеся, между оконечными РРС называются промежуточными. Промежуточные станции, где предусмотрено выделение каналов, называются главными. Когда на главной станции предусмотрено разветвление на другую радиорелейную линию, такую РРС называют узловой станцией. Главные и узловые РРС станции имеют специальное оборудование выделения каналов или разветвления. Как правило, оконечные и главные станции РРС обслуживаются специалистами, а обычные промежуточные – дистанционно контролируются с оконечных и/или главных станций и спец персонала не имеют. Наличие таких, называемых необслуживаемых РРС, позволяет строить радиорелейные линии большой длинны, и разветвленные радиорелейные сети.

Нынешние радиорелейные линии связи могут осуществлять высококачественную передачу различных трафиков на расстояние в несколько тысяч километров, это расстояние значительно превышающее R.

Аппаратура радиорелейных линии, которые используют дальнее тропосферное распространение ультракоротких волн за счет отражений радиоволн в отдельных областях тропосферы, назваютс тропосферные радиорелейные системы.

Тропосфера – это нижняя часть атмосферы Земли. В тропосфере есть локальные объемные неоднородности, вызванные различными физическими процессами, происходящими в ней. Волны на диапазоне 0,3...5 ГГц способны рассеиваться этими неоднородностями. Механизм образования тропосферных радиоволн показан на рисунке 1.7.

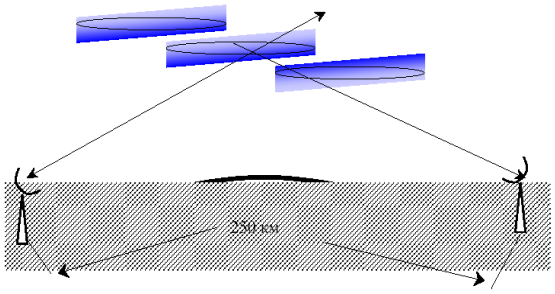

Рисунок 1.7 – Тропосферные радиорелейные системы

1.10 Поколения РРЛ

Главная задача систем микроволновой связи первого поколения – это передача аналоговой информации на расстояния в сотни и тысячи километров (система строилась как линия связи, имеющая много ретрансляторов). Когда надо уменьшить число переприемов,(ретрансляций) для линий связи приходилось увеличивать высоту антенных опор, это увеличивало их себестоимость. Вышеперечисленное приводило к тому, что прежнее радиорелейная аппаратура представляла собой дорогую, сложную и громоздкую систему связи, которая с трудом конкурировала с кабельными, волоконно-оптическими и спутниковыми системами связи. Характерные представители нашего оборудования первого поколения – это системы Р - 60/120 и Р-600 и их модификации.

Микроволновая аппаратура второго поколения отличается построением ряда узлов на транзисторах, микросборках и микросхемах, это снизило энергопотребление и увеличило надежность систем. Основными представителями аппаратуры второго поколения является отечественная и зарубежное оборудование Восход, Курс, Дружба, ГТТ и тд.

С конца 80-х годов прошлого века появляется аппаратура микроволновой связи третьего поколения, оно характеризуется переходом к передаче цифровых сигналов связи и новой элементной базой (микросхемы, микропроцессоры, активные полупроводниковые элементы СВЧ).Эта аппаратура применяется при замене аппаратуры первого и второго поколения и для создания новых структур связи. Компоновка аппаратуры осталась прежней.

Настоящий переворот в компоновках аппаратуры, и в схемотехнике, и в структурах систем связи началась в 90-х годах прошлого века в результате повсеместного перехода к оцифрованным методам работы и в достижениях электронных технологий. При этом уменьшились габариты и энергопотребление оборудования при увеличении быстродействия. Появляются новые элементы СВЧ техники (высокостабильные транзисторные генераторы, малошумящие усилители

СВЧ для приемников, линейные малогабаритные усилители мощности СВЧ для передатчиков и пр.),это обеспечило появление оборудования микроволновой системы связи четвертого поколения, и освоение диапазонов частот радиосигналов выше 10 ГГц. Уменьшение габаритов приемо-передатчиков изменило и конфигурацию структур беспроводной связи, и компоновку аппаратуры. Приемо-передатчики монтируются на антенной опоре в близи от антенн, или прямо монтируются к ним, это уменьшает длину фидерных линий и, соответственно, потери СВЧ сигналов. Модемное и мультиплексорное оборудование, устройства управления и контроля, источники питания и др.монтируются во внутреннем блоке, находящимся в помещении. Связь между наружными и внутренними устройствами осуществляется одним или несколькими кабелями длиной 100 - 400 м. Общий вес аппаратуры при такой компоновки исчисляется единицами или десятками килограмм, а энергопотреблении в десятки или сотни ватт. Как правило, такое оборудование снабжается совершенной системой автоматизированного управления и контроля, при помощи компьютеров, это позволяет резко сократить штаты специалистов по техобслуживанию системы связи и увеличить экономическую эффективность и конкурентоспособность микроволновых структур. Увеличение быстродействия элементной базы позволяет применить эффективные способы сжатия цифровых сигналов, методы модуляции, кодирования и обработки информации. При этом произошло приличное повышение пропускной способности систем связи и быстрое увеличение спектральной эффективности. На пример, существуют микроволновые системы, позволяющие передать цифровые потоки со скоростью 155,52 Мбит/с (STM-1) в диапазоне частот 20 - 30 МГц. До последнего времени аппаратура четвертого поколения работала на низких скоростях цифровых потоков (до 34 Мб/с). Однако теперь появляется все больше систем компактной конструкции для высоких скоростей работы. К представителям таких устройств можно отнести оборудование CityLink фирмы Nera, Pasolink Plus фирмы NEC, SRA 1 – Siemens (Italtel) и др [6].

За последние несколько лет появляются оборудования микроволновой связи, которое можно отнести к начальным разработкам аппаратуры пятого поколения. Особенность такой аппаратуры – это дальнейшее уменьшение габаритов и энергопотребления и совершенствование систем управления. При этом оборудование находится в одном наружном блоке. В здании могут находится только интерфейсы цифровых потоков, источник питания и, управляющий компьютер. В результате появления новой элементной базы СВЧ – монолитных микроволновых интегральных схем (MMIC), приемо-передающая аппаратура занимает несколько десятков кубических сантиметров, или выполняется в виде планарной конструкции, площадью несколько квадратных дециметров. На перспективу, появится микроволновое оборудование, в виде плоской конструкции толщиной в несколько сантиметров. Такое оборудование может содержать все электронные компоненты и планарную антенну с фазированной управляемой решеткой. Такое оборудование состоит из внутреннего модуля, внешнего модуля и антенны. Внутренний модуль, часто называемый модулем доступа находится в здании и соединяется с внешним модулем одним или несколькими кабелем, длиной до 300-400 м. Внешний модуль монтируется на антенной опоре и состыковывается с антенной при помощи

короткого гибкого волновода. Обработка цифровых потоков происходит в трактах основной полосы (ТОП), модуляция и демодуляция сигналов происходит в модемном оборудовании, передатчики и приемники осуществляют преобразование частоты и усиления сигналов.

Схема оборудования, и важнейшие элементы цифровой микроволновой аппаратуры малой, средней и большой емкости, приведены на рисунке 1.8.

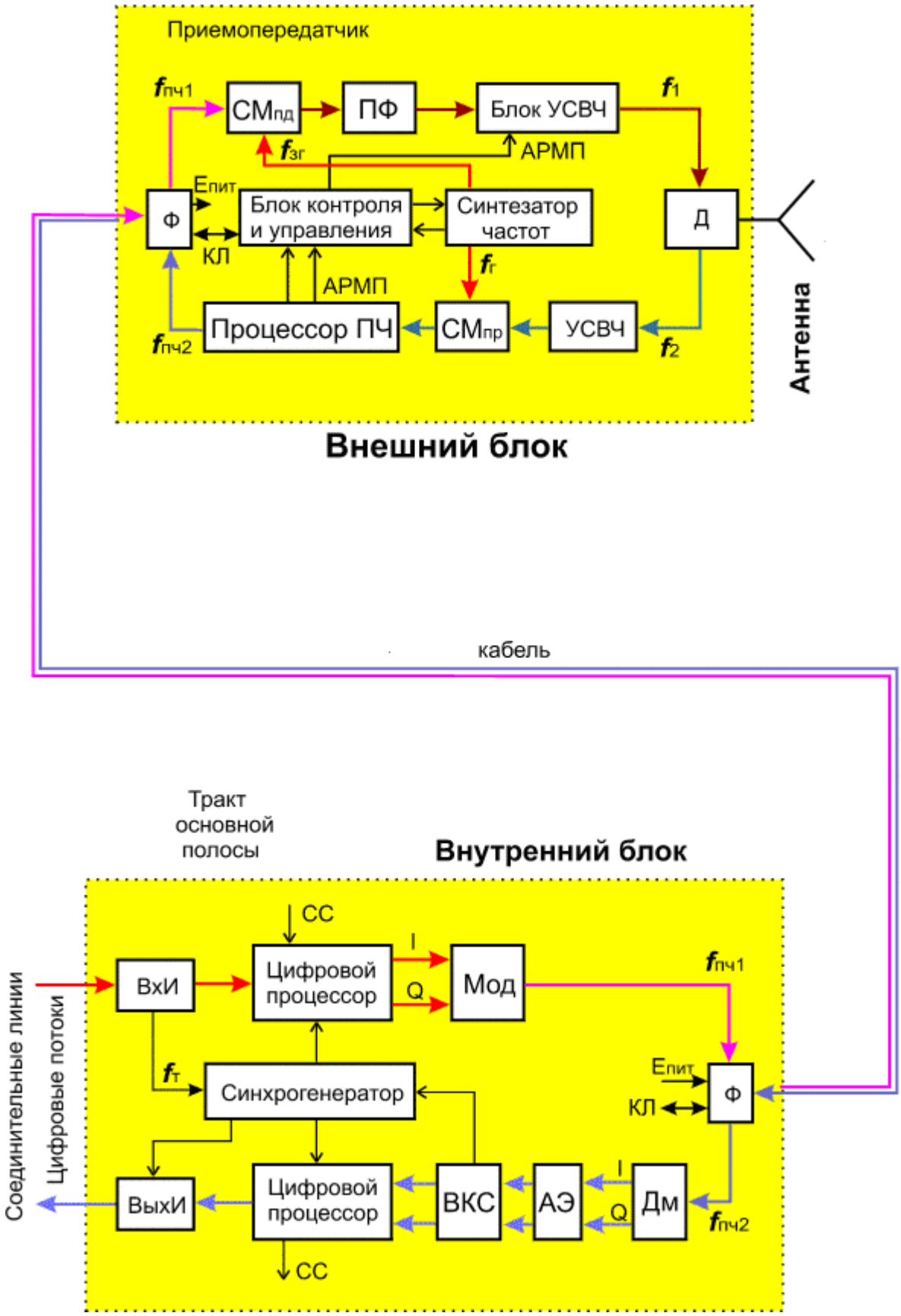

Рисунок 1.8 – схема оборудования пятого поколения

Внутренний модуль, монтируемый в здании (доступ), имеет входные и выходные интерфейсы для исходных цифровых потоков, модемы и устройства контроля и управления. Входные и выходные интерфейсы могут быть электрическими (ЭИ) или оптическими (ОИ), некоторые типы оборудования могут иметь оба интерфейса и они устанавливаются по заказу. Можно применять беспроводные соединительные линий в виде микроволновой системы или атмосферной оптической линии связи. В интерфейсах происходит согласование сигналов, которые поступают по соединительным линиям связи от оборудования мультиплексирования цифровых потоков, преобразование кодов квазитроичный в NRZ и обратно, и выделение тактовой частоты во входных устройствах. Обработка сигналов перед модуляцией и после демодуляции происходит в соответствующих цифровых процессорах [7].

1.11 Постановка задачи

Проанализировав существующую Соединительную Линию между Киевка-Изенды-Щербаковское отметим ее недостатки. Данная система связи не удовлетворяет потребностям и качеству запросов абонентов, в связи, с чем надо модернизировать данную СЛ путем смены направляющей системы на ЦРРЛ. Для выполнения этой задачи необходимо рассмотреть следующие вопросы:

1- это разработать проектируемую схему организации соединительной линии связи Киевка-Изенды-Щербаковское;

2-это осуществить выбор радиорелейной системы;

3-это определить количество пролетов и выбрать трассу РРЛ;

4-это определить оптимальные высоты подвеса антенн на пролетах ЦРРЛ;

5-это проектирование трассы Киевка-Изенды-Щербаковское;

6-это определение устойчивости связи;

7-это определение вероятности ошибки, проскальзывание и фазовое дрожание импульсов;

8-это расчет коэффициента усиления цифрового СВЧ ретранслятора;

9-это разработать бизнес-план;

10-это рассмотреть вопросы безопасной жизнедеятельности.

2 Цифровые РРЛ

2.1 РРЛ прямой видимости

Нынешние радиорелейные линии позволяют передавать телевизионные программы и сразу еще сотни и тысячи телефонных сообщений на большие расстояния. При таких потоках информации нужны полосы частот до десятков, и сотен мегагерц, соответственно несущие частоты не менее нескольких Гигагерц. Радиосигналы на таких частотах хорошо передаются только в зоне прямой видимости. Для связи на больших расстояниях приходится применять ретрансляцию радиосигналов.

Длина пролетов R между станциями зависит от рельефа местности и высоты установки антенн. Часто ее выбирают близкой к зоне прямой видимости R_0, км. При гладкой сферической поверхности участка и без учета атмосферной рефракции схема предоставлена на рисунке 2.1, где условно обозначены радиорелейные станции 3 типов: оконечная (ОРС), промежуточная (ПРС) и узловая (УРС)[8].

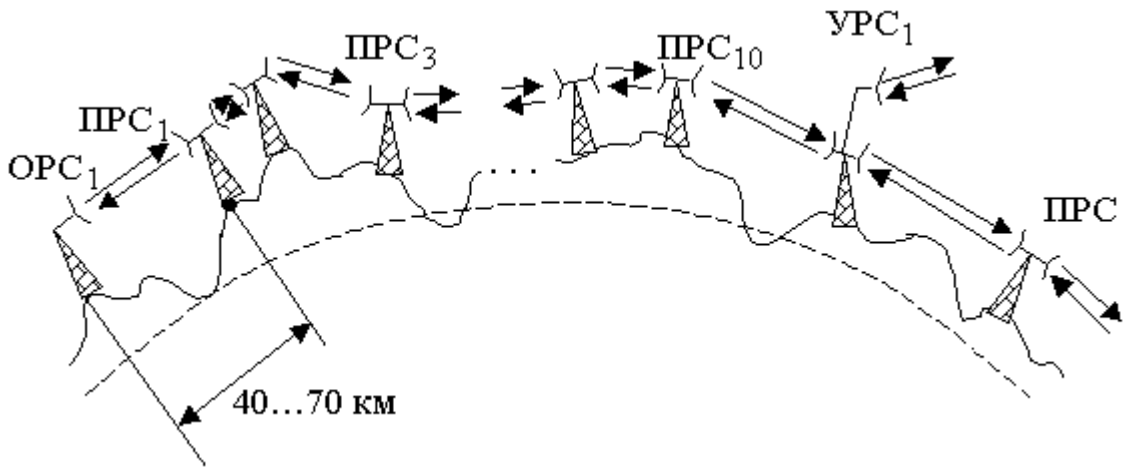

Рисунок 2.1 – Условная схема варианта РРЛ

При реальных условиях, при пересеченной местности $R_0 \approx 40...70$ км, и h_1и $h_2 \approx$ 50... 80 м..

На ОРС происходит преобразование сообщений, входящих по соединительным линиям из междугородных телефонных станций (МТС), междугородных телевизионных аппаратных (МТА) и междугородных вещательных аппаратных (МВА), в сигналы, которые передаются по РРЛ, и обратное преобразование. На ОРС начинается и заканчивается линейный тракт передачи сигналов.

При помощи УРС часто решаются задачи ответвления и соединения трафика информации, передающихся по разным РРЛ, при пересечении которых располагается

УРС. К УРС относятся еще станции РРЛ, на которых происходит вход и выход телефонных, телевизионных и других трафиков, посредством которых находящийся рядом от УРС населенный пункт связывается с другими пунктами данной линии связи.

На ОРС и УРС постоянно есть тех.персонал, обслуживающий не только эти станции, но и производящий контроль и управление с помощью специальной системы теле-обслуживания близлежащими ПРС. Пролет РРЛ (300. ..500 км) между обслуживаемыми станциями разделяется примерно пополам так, что одна часть промежуточных станций относится к зону теле-обслуживания одной УРС (ОРС), а другая ПРС обслуживается другой УРС (ОРС). Они выполняют функции активных или пассивных ретрансляторов и, обычно, работают без тех.обслуживающего персонала.

Для активной ретрансляции сигналов на ПРС используются 2 антенны, находящиеся на одной опоре (мачте). При таких условиях трудно ограничить попадание части мощности усиленного сигнала, излучаемого передающей антенной, на вход приемной антенны. Если не принимать специальных мер, тогда указанная связь выхода и входа усилителя ретранслятора может послужить к самовозбуждению, при этом, он фактически перестает выполнять свои обязанности. Самым эффективным способом устранения самовозбуждения будет разноска по частоте сигналов на входе и выходе ретранслятора.

2.2 Планы разнесения частот

Для уменьшения взаимных помех, рабочие частоты стволов располагают по плану – это план распределения частот. Более применимы 2 вида плана: двухчастотный и четырехчастотный (рисунок 2.2).

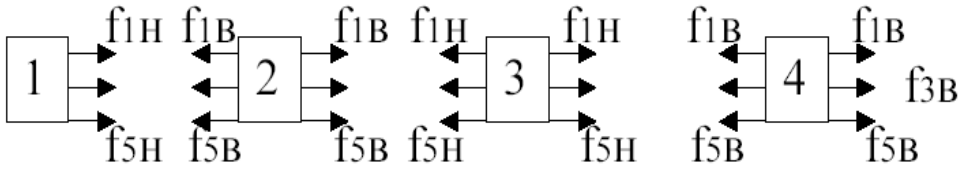

Рисунок 2.2 – Трехствольная РРЛ с двухчастотным планом

На рисунке 2.3 показана трехствольная РРЛ с двухчастотным планом (в каждом стволе по две частоты), при этом каждая станция транслирует и принимает на разных частотах сигнал и разность этих частот называется частотой дуплексного разноса ($F_{ДР}$ $=f_{1В}$ – $f_{1Н}$). Двухчастотный план экономит частотный спектр, но он требует использования дорогостоящих антенн (с низким уровнем задних лепестков), а четырехчастотный план – наоборот.

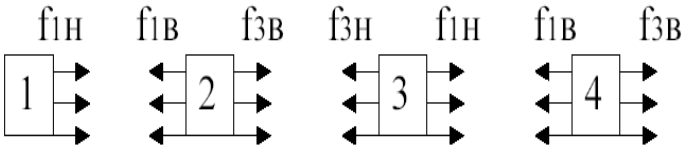

Рисунок 2.3 – Трехствольная РРЛ с четырехчастотным планом

В других стволах, тоже по четыре частоты (частоты обычно используют четные, либо нечетные), передача в одном направлении, например, с горизонтальной поляризацией, в противоположной направлении – вертикальной. Каждый ствол станции имеет стандартное обозначение, например, 2ВН, где два –это номер ствола, В – это означает прием на верхней частоте, Н – это передача (излучение) на нижней частоте. Комплект оборудовании на другой стороне пролета будет иметь соответствующее обозначение – 2НВ.

2.3 Модуляции, применяемые ЦРРС

При конкуренции с действующими аналоговыми радиосистемами, которые высокоэффективны с использованием спектра, при цифровых системах поступающие потоки битов должны быть модулированы обычно на ПЧ в конфигурации с множеством состояний (рисунок 2.4), на котором применяютс ФМ1, ФМ2 – это фазовые модуляторы; ЦК1, ЦК2 –это цифровые кодовые последовательности.

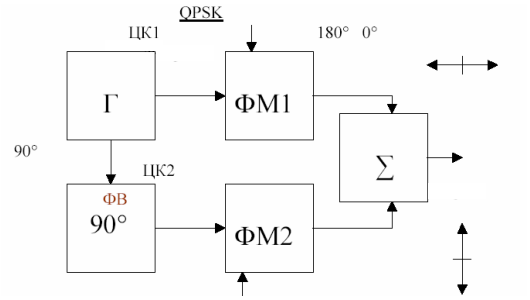

Рисунок 2.4 – Модулятор

Все это понижает требования к используемой ширине частотной полосы или на данной ширине позволяет передавать трафик с большой скоростью. На практике применяются разные виды модуляции: QPSK, 4FSK, 16QAM, 32QAM, 64QAM и др.

2.4 Рекомендации по выбору рабочих частот

В нынешнее время используется широкий диапазон рабочих частот для целей микроволновой радиосвязи, начинается с диапазона 2 ГГц.

Диапазон 2 ГГц (1.7-2.1 ГГц). Данный диапазон характеризует возможность распространения сигналов на длинных пролетах (до 50-80 км). Устойчивое прохождение сигналов зависит от экранирующего воздействия препятствий на пролетах РРЛ при атмосферной рефракции. При этом диапазоне антенны бывают с большими габаритами, и коэффициенты усиления не превышают 35-38 дБ, при диаметрах антенн до 5 м, при уменьшении размеров эффективность системы резко уменьшается. Данный диапазон подвержен влиянию помех от других радиотехнических устройтв связи.

Диапазон 4 ГГц (3.4-3.9 ГГц). Более освоенный и загруженный РРЛ диапазон частот. Этот диапазон используют многие магистральные системы связи. Он характеризуется возможностью получать довольно длинные пролеты (40-55 км), при хороших показателях. Остронаправленные антенны (с коэффициентами усиления порядка 40 дБ) имеют большие габариты и вес, а следовательно, требуют дорогостоящих антенных опор. На распространение сигналов оказывает воздействие атмосферная рефракция, которая приводит к экранированию сигнала препятствиями на пролетах, и интерференция прямых и отраженных волн. Диапазон построен с точки зрения электромагнитной совместимости, так как в нем работает множество радиотехнических средств связи.

Диапазон 6 ГГц (5.6-6.2 ГГц). Самый популярный в наши десятилетия диапазон частот, он предназначен для магистральных систем связи. Он позволяет получить эффективные системы РРЛ, которые передают большие пакеты информации. Средняя длинна пролета около 40-45 км. Габариты антенн не очень большие (например, антенна при коэффициентом усиления 43 дБ имеет диаметр 3.5 м). При на распространении сигналов оказывает енное воздействие атмосферная рефракция, которая приводит к экранированию сигнала препятствиями на пролетах, и интерференция прямых и отраженных волн.

Диапазон 8 ГГц (7.9-8.4 ГГц). Этот диапазон освоен в наше время достаточно хорошо. На нем работают большое количество радиорелейных систем средней емкости (около 300-700 ТЛФ каналов в стволе для аналоговых систем и до 55 Мбит/с - для цифровых). Есть и аппаратура большой емкости, предназначаться для передачи потоков STM-1. В данном диапазоне при распространении сигнала начинает оказывать, влияние гидрометеоры (дождь, снег, туман и тд.). Кроме этого, влияет атмосферная рефракция, которая приводит к перекрытию трассы или к интерференции волн. Средняя длинна пролета РРЛ составляет около 30-40 км. Антенны имеют большой коэффициент усиления, при диаметрах около 1.5 - 2.5 м. Число радиосредств, использующих данный диапазон частот, относительно мало, и следовательно, электромагнитная обстановка спокойна. Но нужно учитывать помехи от соседних радиорелейных линий, которые работают в этом диапазоне частот. В наше время данный диапазон частот применяется при организации зоновых линий связи и различных разветвлений от магистральных систем. Отечественные и импортные фирмы освоили производство оборудования и предлагают на рынке

большой спектр аналоговых и цифровых систем передачи, как средней, так и большой емкости.

Диапазоны частот 11 и 13 ГГц (10.7-11.7, 12.7-13.2 ГГц). Данные диапазоны удобны с точки зрения эффективности систем РРЛ. Для длинныти пролета 15-30 км, эффективные антенны имеют малые габариты и вес, это обеспечивает дешевизну антенных опор. Часть влияния атмосферной рефракции на устойчивость работы систем связи уменьшается, зато увеличивается влияние гидрометеоров. При этих диапазонах, в основном, строятся цифровые радиорелейные системы связи для скорости передачи до 55 Мбит/с, хотя, есть пример передачи цифровых трафиков, со скоростями до 155 Мбит/с. Оборудование строится как моноблоки, приемо-передатчики объединены с антенной и монтируются на вершине антенной опоры. Но данные диапазоны применяют большое количество радиосредств. Спутниковые системы связи, различные радиолокаторы и пеленгаторы, охранные системы влияют на электромагнитную обстановку,это затрудняет работу в данных диапазонах.

Диапазоны частот 15 и 18 ГГц (14.5-15.35, 17.7-19.7 ГГц). Бурное развитие систем связи привело к быстрому освоению этих диапазонов. Средняя длинна пролетов составляет около 20 км, где зоны с умеренным климатом. Оборудование выполняется как моноблок. Стандартные параболические антенны имеют диаметры 0.6, 1.2 или 1.8 м, а коэффициент усиления от 38 до 46 дБ. Диапазон частот 18 ГГц пока еще более свободен. На распространение сигналов большое влияние оказывают гидрометеоры и интерференция прямых и отраженных волн. Ослабление при дожде может составлять 1-12 дБ/км (при скорости дождя 20-160 мм/час). Некоторое влияние оказывает и сама атмосфера, ослабление сигнала в которой достигает 0.1 дБ/км [3].

Диапазон частот 23 ГГц (21.2-23.6 ГГц). Согласно рекомендациям МСЭ-Р в данном диапазоне можно строить системы передач аналоговой и цифровой связи разной емкости. Средняя длинна пролетов составляет меньше 20 км, на прохождение сигналов большое влияние оказывают гидрометеоры и ослабления в атмосфере. Здесь желательно использовать вертикальную поляризацию радиоволн, но разрешено использование любой поляризации. Стандартные параболические антенны достигают диаметров 0.3, 0.6 и 1.2 м. Ослабление в дождях бывает от 2 до 18 дБ/км, в атмосфере достигает 0.2 дБ/км. Этот диапазон можно использовать в спутниковых системах связи. Но при расчетах надо учитывать возможность помех.

Диапазон частот 27 ГГц (25.25-27.5 ГГц). Данный диапазон используется при построении систем фиксированного радио обслуживания. Он характеризуется меньшим ослаблением (меньше 0.1 дБ/км) сигнала связи в атмосфере. Средняя длинна пролета около 12 км. Ослабление в дожде 3-24 дБ/км. Антенны имеют диаметры от 0.3, до 0.6 м.

Диапазон частот 38 ГГц (37-39.5, 38.6-40 ГГц). Согласно рекомендациям в данном диапазоне частот можно строить системы аналоговой и цифровой связи разной емкости. Длинна пролета меньше 8 км. При показателе неготовности линии связи соответствует локальному качеству, длину интервала можно доводить до 15 км. Оборудование представляет моноблок с антенной диаметром 0.3 м. Применяется только вертикальная поляризация, при этом получается лучшая устойчивость

системы при дождях. Ослабление в атмосфере составляет 0.12 дБ/км, а при гидрометеорах - от 5 до 32 дБ/км (при объеме дождя от 20 до 160 мм/час).

Диапазон частот 55 ГГц (54.25-57.2 ГГц). Длинна пролета составляет несколько километров для антенн диаметром 15 см. Ослабление сигнала в атмосфере до 5 дБ/км, а при дожде - от 7 до 40 дБ/км.

Диапазон частот 58 ГГц (57.2-58.2 ГГц). В данном диапазоне можно строить системы связи аналоговой и цифровой любой емкости, рекомендации пока отсутствуют. Этот диапазон можно использовать при создания пролета РРЛ на длинну в 1-2 км, применяя антенны диаметром меньше 15 см. Ослабление сигнала до 12 дБ/км, а при дожде - от 9 до 45 дБ/км. Большое влияние дождей приводит к неустойчивой работы системы связи. Надо учитывать, этот диапазон является предельным для создания радиосистем, так как при частотах выше 60 ГГц наблюдается непрозрачность атмосферы для радиоволн из-за поглощения энергии в атомах кислорода (резонансные частоты поглощения равны 60 и 120 ГГц. Но в последние годы, появился интерес к этим диапазонам при создании безлицензионных радиосистем с пролетами длинной в 1-2 км. При условиях сухого климата, при малой вероятности осадков или на коротких длиннах, может использоваться диапазон частот 84-86 ГГц и выше.

2.5 Особенности построения цифровых РРЛ

Передача сигналов связи в цифровой форме имеет такие преимущества:

1-это высокое качество передачи сигнала при замираниях;

2-это высокую помехозащищенность;

3-это выгодная экономическая эффективность для снижении эксплуатационных расходов на 25%;

4-это снижение требований к линейности характеристик тракта передачи сигнала;

5-это исключение накопления искажений.

На рисунке 2.5 показано, что в ПРД аналого-цифровой преобразователь (АЦП) состоит из дискретизатора, кодера (К) и преобразователя кода (ПК).

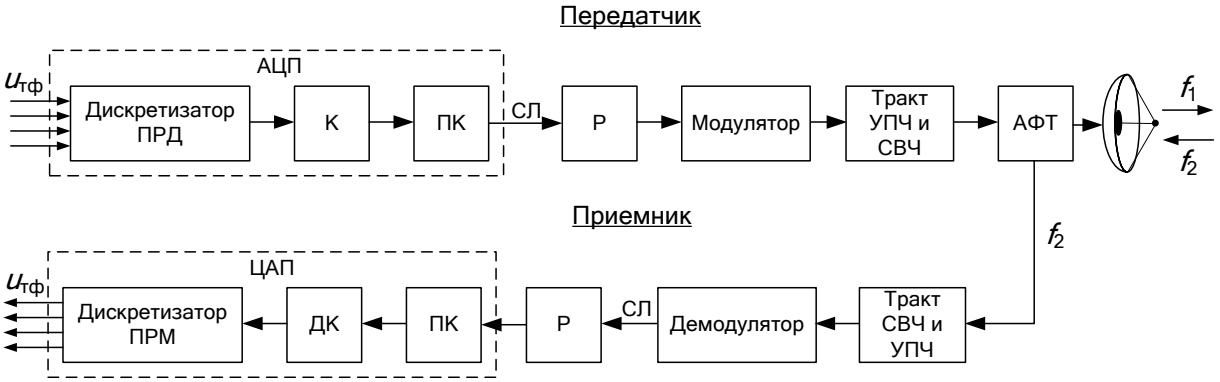

Рисунок 2.5 – Структурная схема оконечной станции цифровой РРЛ

Дискретизатор осуществляет дискретизацию по времени и квантование по уровню непрерывных сигналов, от абонентов телефонных каналов $u_{тф}$, это иллюстрируется на рисунке 2.6, где $T_Э$ - интервал дискретизации по времени отсчетов; и Δh – это шаг квантования по уровню.

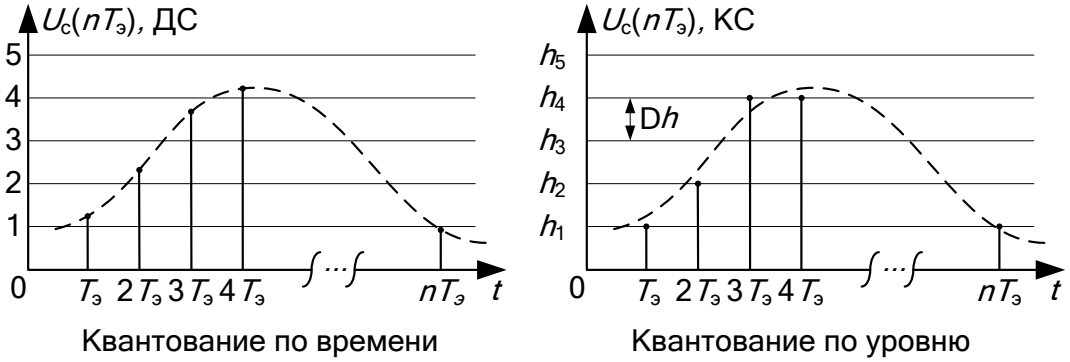

Рисунок 2.6 – Дискретизация сигнала по времени уровню

От выхода дискретизатора сигнал связи поступает на кодер (К). Где каждый дискретизированный уровень преобразуется в двоичный код (рисунок 2.7), каждому уровню квантования присваивается соответствующее кодовое слово. Этот сигнал называется цифровым (ЦС).

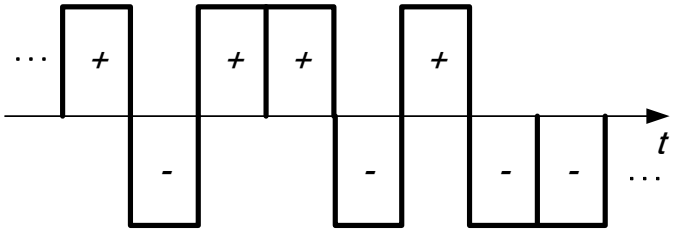

Рисунок 2.7 – Пример двоичного кода одного дискретизированного уровня

Преобразователь кода (ПК) преображает двоичный код в линейно-цифровой сигнал (ЛЦС) для передачи по соединительной линии связи (СЛ). Линия связи может быть несколько километров, поэтому используются регенераторы (Р) для восстановления длительности, формы, и амплитуды каждого из импульсов ЛЦС. Цифровой модулятор (М) модулирует сигнал.

В приемнике происходит обратное преобразование по сравнению с передатчиком. На выходе приемника стоит цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП). Где получаются непрерывные сообщения с фильтра нижних частот. Эти непрерывные сообщения соответствуют разговорной речи.

Качество тракта цифровой РРЛ (ЦРРЛ) характеризуется параметрами:
- это вероятность ошибки $p_{ош}$;
- это проскальзывание;
- это фазовое дрожание;
- это задержка импульсов $\tau_З$.

3 Выбор оборудования

3.1 Выбор радиорелейной системы

В данный момент РРЛ связи строят на основе 2-х основных технологий: PDH и SDH. Технология PDH была самой ранней, большинство РРЛ, использующиеся на территории нашей страны, принадлежат к оборудованию, реализующим данную технологию.

Самыми популярными РРЛ данного класса являются РРЛ, производимые компаниями ERICSSON (Mini-Link), NEC (Pasolink), Nokia (FlexiHooper) и др.

РРЛ технологии PDH весьма популярны в нашей стране по причинам:

-это еще небольшая потребность в высокоскоростных потоках данных (малый трафик);

- это отсутствие полностью развитой зональной первичной цифровой сети;

- это дешевизна РРЛ данного класса.

РРЛ по технологии PDH позволяют довести потоки малой емкости (от одного до нескольких Е1) до конечных абонентов. Этими потребителями являются местные АТС, операторы беспроводной связи, местные телекомпании, и другие. Кроме этого, обеспечивая маленький трафик, РРЛ с технологией PDH останутся оптимальным решением для производственных нужд и при решении малых задач для передачи данных.

В данной работе будет использована аппаратура PASOLINK Mx, выпускаемую NEC Corporation, для создания цифровых радиорелейных систем, она отличается большим набором преимуществ и отличительных характеристик.

Пропускная способность для трафика 2х2 2 Мбит/с.

Оборудование PASOLINK Mx имеет усовершенствованный интерфейс LAN, это дает возможность проектировать сеть и обеспечивать повышенный потенциал с точки зрения для новых применений. Кроме этого, все нововведения скомпонованы в малогабаритным блоке внутренней установки: IDU (блок модулятора/демодулятора для монтажа в зданиях), получившим модульную конструкцию.

Такая система устраивает возросший спрос на цифровые услуги передачи трафика и потребностям в данных, так же для передачи общих транспортных линий связи, городских, сельских, временных, частных линий связи и аварийных сетей связи.

Продолжая традиции систем PASOLINK, оборудование PASOLINK Mx спроектирована для быстрого монтажа и быстрого развертывания, одновременно обеспечивая надежность нововведений, это является отличительной чертой оборудования NEC, высокую пропускную способность, высокую степень масштабирования и экономичную эксплуатацию.

Серия оборудования PASOLINK Mx совместима с выпускаемой NEC оборудованием PNMS (система управления сетью PASOLINK). Данная система управления поддерживает работу в случае аварий или происшествий, управляет

конфигурацией и защитой/безопасностью, и следит за техническими показателями и другими функциями, при этом можно использовать портативный персональный компьютер.

Оборудование PASOLINK Mx представляет собой решение при организации связи между сетями Intranet, и между Internet и сетями общего пользования. Предоставление выделенных линий связи благодаря внедрению информационных технологий в сферах бизнеса требует создание ведомственных сетей. Оборудование PASOLINK Mx предлагает рациональное решение при создании экономичных и высокозащищенных сетей передачи информации.

Характеристика оборудования PASOLINK NEO:

1-это небольшие размеры и легкость;

2-это легкие и наиболее компактные радиорелейные системы;

3-это высокая надежность, и высокий системный коэффициент усиления;

4-это системы PASOLINK, и PASOLINK Mx продолжают занимать лидирующее положение в данной отрасли промышленности.

Оборудование PASOLINK Mx имеет интерфейс 10Base-T/100Base-TX с двумя портами, они предназначены для различного применения (рисунок 3.1).

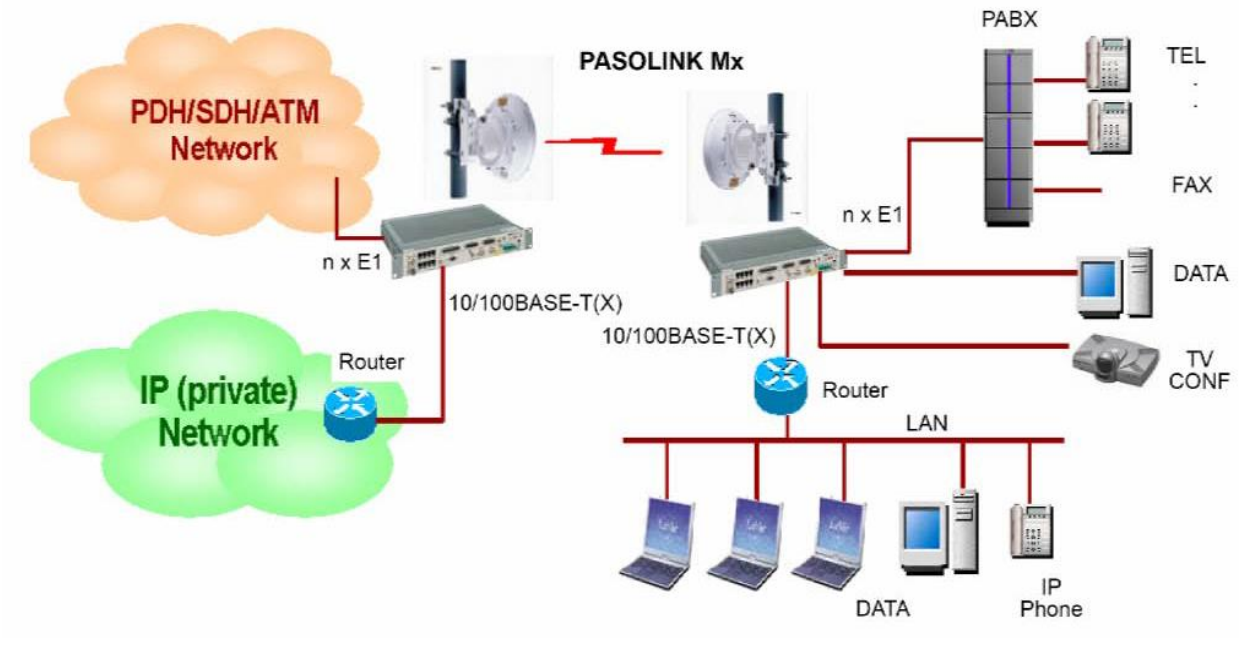

Рисунок 3.1 – Применение оборудования PASOLINK Mx

Общая характеристика платформ:

- просто модернизируется из конфигурации 1+0 в 1+1;

-общая система управления сетью (NMS) и всех систем серии PASOLINK;

- выпускаются системы управления сетью (NMS) с ОС Windows и UNIX;

-универсальные по пропускной способности, блоки наружного и внутреннего монтажа (ODU/IDU);

- радио-аппаратура с программно настраиваемой конфигурацией;

- схема модуляции: QPSK и 16QAM. Переключается программной;
- пропускная способность при передаче: 2/5/10/20/40x2 Мбит/с;
- гибкость использования E1/LAN;
- комбинация E1 и LAN;
- полный сквозной тракт 10BASE-T при диапазоне 3,5 МГц (16QAM) или 7 МГц (QPSK);
- гибкая и универсальная модульная конструкция .

3.2 Преимущества оборудования PASOLINK.

Радиорелейная система производителя PASOLINK это современная технология и имеет такие преимущества:

-как высокое качество, оснащеная полосовыми фильтрами Найквиста. Высокая надежность (средняя наработка на отказ (MTBF) около 400000 часов). Маленькая потребляемая мощность;

-как высокий коэффициент усиления системы, или высокая эффективность использования спектра: достигается благодаря технологии квадратичной фазовой модуляцией. МШУ –это смеситель с высокими техническими показателями, он даёт возможность использовать антенны с меленькими размерами и снизить себе-стоимость системы;

-как простой и быстрый монтаж. Соединение между оборудованием внутренней и наружной установки путем одного коаксиального кабеля длиной около 450 м. Автоматическая подстройка уровня сигнала связи. Малый вес и компактность. Разные варианты монтажа оборудования, и антенны;

-как простая перенастройка частоты. Изменение частоты гетеродина (синтезатора) без применения измерительного оборудования (в том числе и в полевых условиях). Использование широкого диапазона перестройки радиочастоты без перезамены полосового РЧ фильтра;

-как выходная мощность радиосигнала. Перестройка в пределах от 0 до 30 дБ с шагом 1 дБ. Переключение: 0/10/20 дБ. Из-за автоматической регулировки мощности передатчика (АТРС) понижается уровень помех, уменьшается коэффициент ошибок и облегчается решение проблемы замираний:

-как универсальная конфигурация системы. Взаимо-заменяемые блоки интерфейсов (2,4x2 Мбит). Один и тот же блок внутренней установки (IDU) используется при диапазонах 7/8/11/13/15/18/23/38 ГГц. Программная, допускающая внесение изменений, настройка скорости передачи трафика для блока внутренней установки. Большой диапазон входных напряжений питания: от±20 В до ±72 В постоянного тока.

3.3 Блок схемы системы

При использовании систем Nx2 Мб/с каждый порт ввода/вывода независим, значит сигнал 2 Мб/с может быть использован для разных приложений: например, для 2Мб/с-соединительной линии или для видеоконференции.

На рисунке 3.2 показана блок-схема наружного блока ODU, применены следующие сокращения:

- BPF –это полосовой фильтр;
- CTRL – это устройство управления;
- IDU –это комнатный блок;
- LO –это гетеродин;
- IF –это ПЧ;
- LNA –это малошумящий усилитель;
- MIX –это смеситель;
- MPX –это мультиплексер;
- PA -это импульсный усилитель;
- RF CKT –это РЧ-схема;
- RX –это приемник;
- TX –это передатчик).

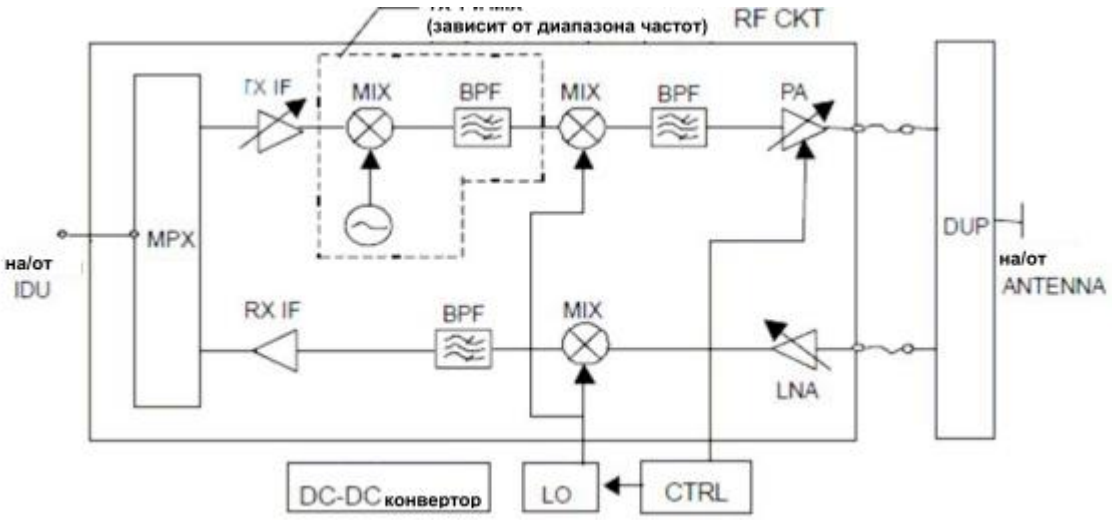

Рисунок 3.2 – Блок-схема наружного блока ODU

По всей РЧ схеме блока ODU применяется новая технология интегральных схем: MMIC (монолитная СВЧ ИС), MIC (монолитная ИС) и пр.

Общая блок-схема блока IDU показана на рисунке 3.3, применены сокращения:

- DPU –это устройство цифровой обработки;
- DSC –это цифровой сервисный канал;
- FEC/DEM –это упреждающая коррекция ошибок (УКО)/демодуляция; FEC/MOD – УКО/модуляция;
- MPX –это мультиплексер;
- PDH –это плезиохронная цифровая иерархия;

- PSU -это блок питания;
- SDH –это синхронная цифровая иерархия;
- 10 Base-T(X) –это ЛВС Ethernet на коаксиальном кабеле, 10 Мб/с;
- 100 Base-T(X) –это ЛВС Ethernet на кабеле, 100 Мб/с).

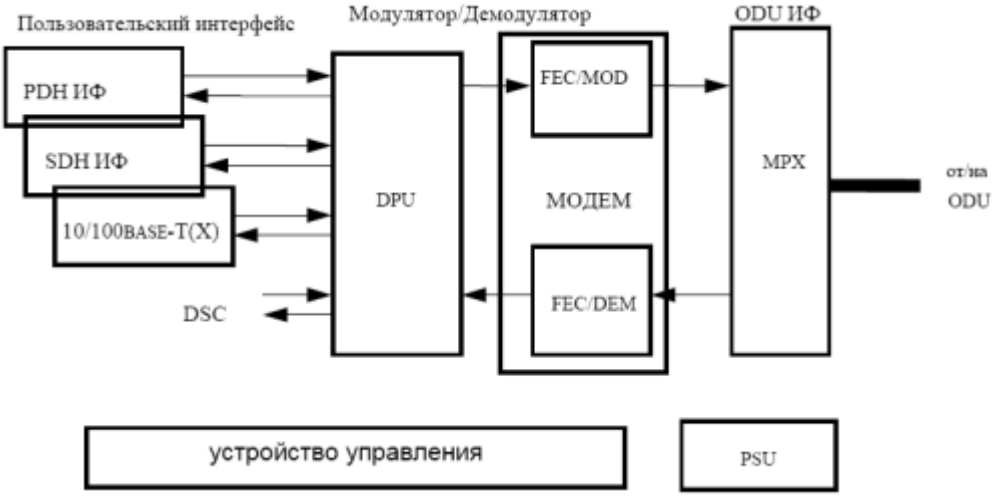

Рисунок 3.3 – Общая блок-схема блока IDU

Сам комнатный блок имеет 6 функций (MPX, MODEM, DPU, INTFC, управление и блок питания). Функция мультиплексера (MPX) – это интерфейс к наружному блоку ODU. Функция модулятор/демодулятор (MODEM) – это выбор типа модуляции (QPSK или 16/32/128QAM), программным путем.

Функция MODEM это упреждающая коррекция ошибок (FEC). Функция пользовательского интерфейса обеспечивается для ИФ: PDH, SDH и Ethernet. Цифровой сервисный канал (DSC) создан для вставки битов, а инженерный заказной канал (EOW) – при помощи ИКМ кодека. Все функции цифровой обработки монтироаны на печатной плате, используя: БИС, СБИС и технологию интегральных схем.

4 Расчеты проектируемой ЦРРЛ.

4.1 Определение числа пролетов и выбор трассы РРЛ

Себестоимость монтажа РРЛ и ее использование зависит от правильного выбора трассы. Из разных вариантов трассы выбирается самый дешевый и пригодный для использования вариант, с меньшим числом ретрансляторов, с наибольшей длинной пролета между ретрансляторами, с наименьшими высотами антенных опор, и расположение ретрансляторов желательно вблизи населенных пунктов.

расчитаем число пролетов ЦРРЛ, рассчитаем длину, составим структурную схему РРЛ.

Беря расстояние протяженности ЦРРЛ (Киевка-Изенды-около86 км, Киевка-Щербаковское около110 км), $L_{км}$=110 и длину пролета $R_{км}$=50, расчитаем количество пролетов:

$$n_{прол} = \frac{L}{R} = \frac{110}{50} = 2{,}2.$$

Получается 3 пролета (2 по 44,5 км и 1 длиной 23 км).

Трасса будет смонтирована зигзагообразной, 3 станции нельзя ставить на одной прямой. Это нам позволит избежать помех от ретрансляторов которые расположенны через 3 - 4 пролетов (рисунок 4.1).

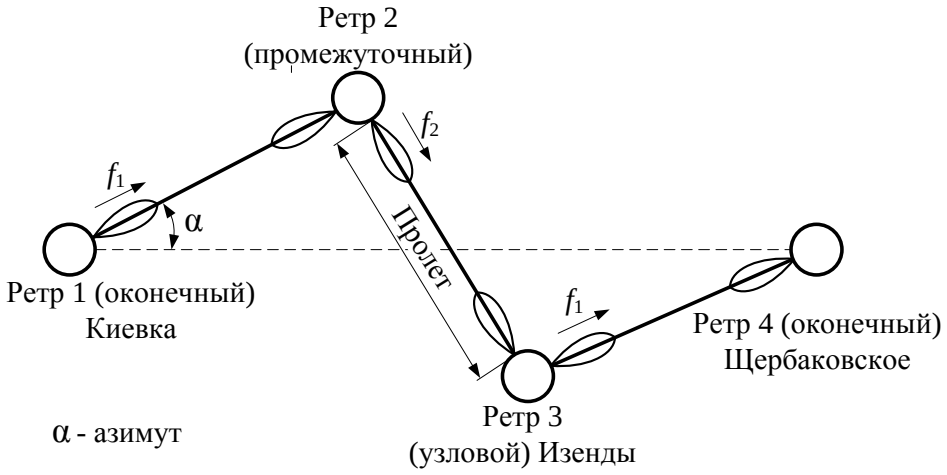

Рисунок 4.1 – Схема радиорелейной линии прямой видимости

На рисунке 4.1 видно, что на 3 Ретр возможен прием не только от соседнего ретранслятора, но и от 1-го, их частоты передачи 1-го и 3-го ретрансляторов совпадают.

Антенны типа Ретр имеют высокую направленность действия и на 4 Ретр, мешающий сигнал f_1 будет ослаблен.

Площадки для антенн Ретр выбраны на высотах вблизи от шоссейной дороги.

На ровной местности длинна между РРС чаще составляет 40–70 км, в горах и на пересеченной местности расстояние может быть увеличено за счет установки РРС на возвышенностях, и вершинах гор.

В виду того что расстояние между Киевкой и Изенды превышает предел прямой видимости, монтируем промежуточную (ретрансляционную) РРС.

Применение диапазона частот 7 Ггц позволяет из-за низкого уровня атмосферных и индустриальных помех радиоприему использовать остронаправленные (с малым углом излучения) малогабаритные антенны. наибольшая эффективность связи между двух РРС достигается в случае, если размеры антенны соизмеримы с четвертью длины волны.

4.2 Определение оптимальных высот подвеса антенн на пролетах ЦРРЛ

Оптимальную высоту подвеса рассчитывают, добиваясь наибольшей возможной при данных условиях устойчивой связи. Это связано с различным влиянием высот подвеса антенн на составляющие показатели устойчивости связи.

Выполним проектирование профиля длинны пролета, предварительно рассчитав линию условного нулевого уровня:

$$y_i(K_i) = \frac{R_0^2}{2R_З} K_i(1 - K_i). \qquad (4.1)$$ где

R_0 – это длина пролета;

$R_З$ – это геометрический радиус Земли (6370 км);

K_i – это текущая относительная координата заданной точки;

R_i – это расстояние до текущей точки.

$$K_i = \frac{R_i}{R_0}. \qquad (4.2)$$

$$K_i = \frac{R_i}{R_0} = \frac{44{,}5}{50} = 0{,}89.$$

$$y_i(K_i) = \frac{44{,}5^2}{2 \cdot 6370} 0{,}89(1 - 0{,}89) = 0{,}019.$$

Профиль длинны пролета РРС можно рассчитать, суммируя к высоте условного нулевого уровня высотные отметки $y_2(K_i)$. Высотные отметки точек профиля пролета $y(K_i)$ равны $y = y_i + y_2$.

Рассчитаем величину просвета H(0):

$$H(0) = H_0 - \Delta H(\bar{g}). \tag{4.3}$$

где H(0) – это величина просвета без учета рефракции радиоволн;

$\Delta H(\bar{g})$ – это величина приращение просвета, обусловленное явлением рефракции;

H_0 – это критический просвет.

$$H_0 = \sqrt{\frac{1}{3} \cdot R_0 \cdot \lambda \cdot K_{\text{ТР}}(1 - K_{TP})}. \tag{4.4}$$

где $K_{\text{ТР}}$ – это относительная координата наивысшей точки профиля пролета, равна 0,4.

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \cdot 10^8}{7 \cdot 10^9} = 0{,}043 \text{ м.}$$

$$\Delta H(\bar{g}) = -\frac{R_0^2}{4} \cdot \bar{g} \cdot K_{TP}(1 - K_{TP}). \tag{4.5}$$

где $\bar{g}$ –это среднее значение вертикального градиента диэлектрической проницаемости тропосферы, равна -10x10^{-8}.

$$\Delta H(\bar{g}) = -\frac{44500^2}{4} \cdot (-10 \cdot 10^{-8}) \cdot 0{,}4(1 - 0{,}4) = 11{,}88$$

$$H_0 = \sqrt{\frac{1}{3} \cdot 44500 \cdot 0{,}043 \cdot 0{,}4 \cdot 0{,}6} = \sqrt{153{,}08} = 12{,}37$$

$$H(0) = H_0 - \Delta H(\bar{g}) = 12{,}37 - 11{,}88 = 0{,}49$$

Высоты подвеса антенн h1 и h2 рассчитывают графическим методом, откладывая величину $H(0)$ вверх от наивысшей точки профиля и соединяя антенны по прямой линии. В нашем случае высоты подвеса антенн будут разные,

$$h_1 = y(0{,}4) + H(0) - y_2 = 122 + 0{,}49 - 74 = 47$$

$$h_2 = y(0{,}4) + H(0) - y_2 = 122 + 0{,}49 - 100 = 21$$

Имея высоты подвеса антенн, рассчитаем КПД антенно-фидерного тракта для каждой антенны по формуле:

$$\eta = 10^{-0{,}1a_{общ}}. \qquad (4.6)$$

где $a_{общ}$ – это общее затухание тракта.

Общее затухание тракта получается (3,05) суммированием затухания сосредоточенных элементов (принять = 3дБ), и затухания волновода. Затухание волновода рассчитывают, зная длину волновода (принять =0,05 дБ/м).

Рассчитаем общее затухание для h1и h2, в результате к.п.д. АФУ высокое.

$$\eta = 10^{-0{,}1a_{общ}} = 10^{-0{,}1\cdot 3{,}05} = 10^{-0{,}3} = 0{,}5$$

Второй пролет РРС тоже имеет длинну 44,5 км.

Такие же проведем и для участка от Изенды-Щербаковское, при длинне 23 км.

Сделаем построение профиля пролета.

Проведем расчет профиля для Изенды-Щербаковское и результаты занесем в таблицу 4.2.

Таблица 4.2 – Высотные отметки точек профиля

K_i	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
y_i, м	0	14	25	33	37	39	37	33	25	14	0
y_2,м	74	59	85	86	85	78	61	54	67	84	100
y, м	74	73	110	119	122	117	98	89	92	98	100

Профиль длинны третьего пролета представлен на рисунке 4.3.

=

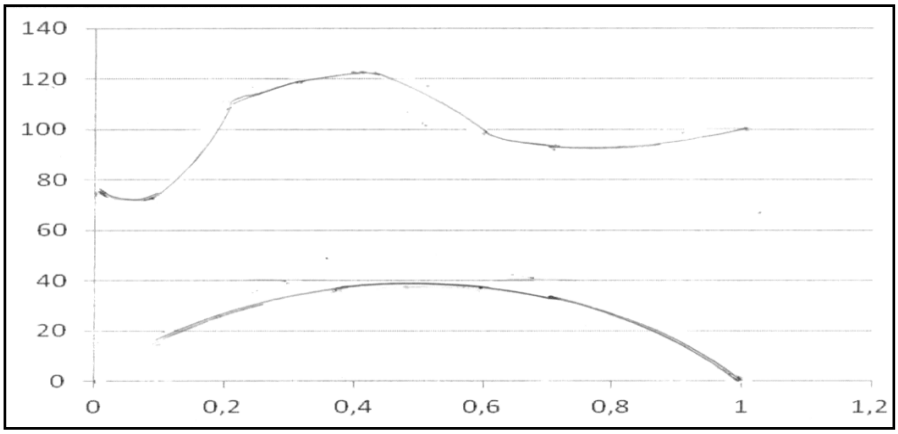

Рисунок 4.2 – Профиль третьего пролета

$$\Delta H(\overline{g}) = -\frac{23000^2}{4} \cdot (-10 \cdot 10^{-8}) \cdot 0{,}4(1 - 0{,}4) = 3{,}174$$

$$H_0 = \sqrt{\frac{1}{3} \cdot 23000 \cdot 0{,}043 \cdot 0{,}4 \cdot 0{,}6} = \sqrt{153{,}08} = 8{,}89$$

$$H(0) = H_0 - \Delta H(\overline{g}) = 8{,}89 - 3{,}17 = 5{,}72$$

Высоты подвеса антенн h1 и h2 получаются графическим методом, откладывая величину $H(0)$ навверх от наивысшей точки профиля и соединяя антенны по прямой линии. В нашем случае высоты подвеса антенн будут различны,

$$h_1 = y(0{,}4) + H(0) - y_2 = 122 + 5{,}72 - 74 = 53$$

$$h_2 = y(0{,}4) + H(0) - y_2 = 122 + 5{,}72 - 100 = 27$$

4.3 Проектирование трассы Киевка – Изенды - Щербаковское

Проектирование 3 ретрансляционных участков должно осуществляться в зоне прямой видимости. Большое расстояние в зоне прямой видимости достигается при использовании высоких антенных опор. Но в действительности надо учитывать механическую устойчивость опор, это ограничивает их высоту, кроме этого, для больших расстояний требуются антенны больших размеров с большой направленностью. Если антенна монтируется на крыше здания или на вершине горы, проблема механической устойчивости не стоит, и ограничивающим фактором теперь является стабильность самого тракта передачи. При некоторых атмосферных условиях возможно возникновение рефракции радиоволн, и узкий луч может полностью пройти антенну мимо. Искривление пути следования тоже может привести к периодическим сбоям при передаче сигнала, значит необходимо обеспечить достаточное расстояние между трактом передачи и близлежащими объектами. Всегда есть практические ограничения на то, что каким узким может быть луч. Природный ланшафт тоже оказывает влияние на замирания, из-за многолучевости. Рядом с водными поверхностями утром и вечером (при слабом ветре) создаются плохие условия с точки зрения многолучевости. Из-за отражений тоже сложна передача над поверхностью воды. При такой передаче обычно, требуется более высоко расположить антенны и специальные средства для компенсации отражений.

Первая антенна монтируется в пункте Киевка. В данном районном центре уже имеется мачта высотой 40 м. На этой мачте на высоте 21 м будет смонтирована антенна для РРЛ Киевка-Изенды. Расстояние между Киевка-Изенды около 89 км и при организации прямой видимости систем РРС на расстоянии 44,5 км будет смонтирована мачта в высоту 71м. в населенном пункте Изенды тоже имеется мачта

в высоту 30 м. В пункте Изенды на высоте 21 м будет смонтирована вторая антенна в направлении Киевка-Изенды.

В направлении Изенды-Щербаковское на действующей мачте на высоте 27 м. будет смонтирована аппаратура РРС в направлении Щербаковское. В населенном пункте Щербаковское будет смонтирована новая мачта в высоту 53 м.

В виду того, что число стволов, доступных для магистральных СВЧ радиосистем, ограничено, одни и те же стволы будут использоваться многократно. Повторное задействование микроволнового частотного диапазона необходимо также высокой направленностью антенн и необходимостью передачи сигнала в зоне прямой видимости. Бывают отражения и преломления в атмосфере радиоволн- это может тоже приводить к их приему на удаленном участке трассы, даже при отсутствии зоны прямой видимости, для того чтобы избежать этого, используется такое зигзагообразное расположение ретрансляционных участков, где сигнал от передатчика заведомо не достигнет нежелательных приемных антенн на участке трассы. На рисунке 4.3 показана проектируемая трасса.

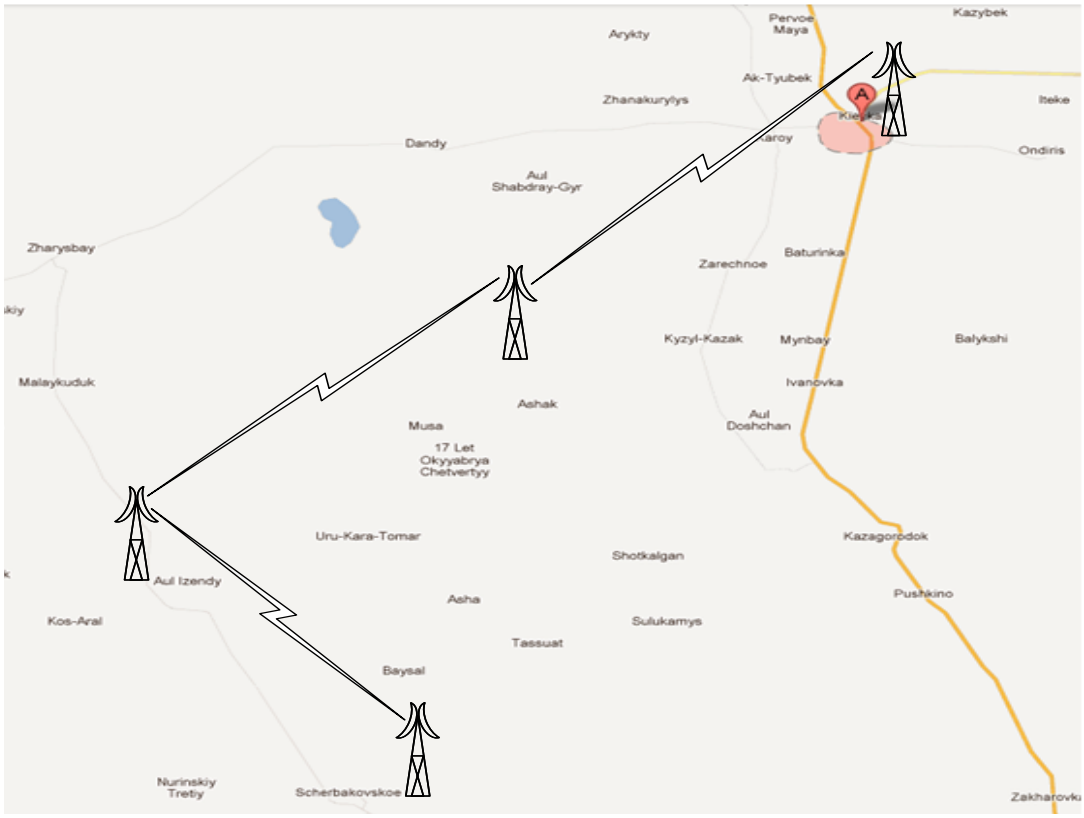

Рисунок 4.3 – Проектируемая трасса РРЛ Киевка-Изенды-Щербаковское

4.4 Определение устойчивости связи

При расчете устойчивости связи необходимо посчитать минимальный допустимый множитель ослабления.

Минимальный множитель ослабления сигнала зависит от многих параметров аппаратупы и коэффициента ослабления антенно-волноводного тракта (АВТ).

Рассчитаем потери в АВТ по формуле (4.7):

$$a_{ABT} = a_{ЭЛ} + 2a_n \cdot (L_{BEP} + L_{ГОР}) \quad (4.7)$$

где $a_{ЭЛ}$ = 3 дБ –это потери в сосредоточенных элементах;

a_n = 0,05 дБ/м – это погонное затухание;

L_{BEP} – это длинна вертикального фидера, L_{BEP} = 0, так как приемное и передающее оборудование совмещено с антенной;

$L_{ГОР}$ – это длина горизонтального фидера, $L_{ГОР}$ = 0,5 м, для каждой станции.

$a_{ABT} = 3 + 2 \cdot 0{,}05 \cdot (0 + 0{,}5) = 3{,}05$ дБ.

Рассчитаем минимальный допустимый множитель ослабления $V_{\min_{ТВ}}$, в дБ по формуле (4.8):

$$V_{\min доп} = P_{\frac{ПМ}{пор}} - P_{ПД} + W_0 - 2G + a_{ABT} \quad (4.8)$$

где $P_{\frac{ПМ}{пор}}$ = -92 дБм – это чувствительность приемника при пороговом уровне сигнала (BER = 10^{-3});

где $P_{ПД}$ = 19 дБм – это мощность сигнала на выходе передатчика;

λ = 0,043 см – это длина волны;

W_0 - это затухание в свободном пространстве;

G – это коэффициент усиления приемо-передающей антенны.

$$W_0 = 20\lg\left(\frac{4\pi R_0}{\lambda}\right) \quad (4.9)$$

$$G = 0{,}6 \cdot \frac{\pi^2 D^2}{\lambda^2} \quad (4.10)$$

где D = 1 м – диаметр антенны.

$$W_0 = 20\lg\left(\frac{4 \cdot 3{,}14 \cdot 23000}{0{,}043}\right) = 136.45 дБ$$

$$G = 0{,}6 \cdot \frac{3{,}14^2 \cdot 1^2}{0{,}043^2} = 3199$$

$$G = 10\lg G = 10\lg 3199 = 35{,}05 дБ$$

$$V_{\min доп} = -92 + 19 + 136{,}45 - 2 \cdot 35{,}05 + 3{,}05 = -3{,}6 дБ$$

Рассчитаем параметры сферы при оценке влияния экранирующего действия препятствия на пути.

Для этого нужно от наивысшей точки профиля интервала вертикально вниз откладывать длину, равную просвету свободного пространства H_0.

4.5 Вероятность ошибки, проскальзывание и фазовое дрожание импульсов

Вероятность ошибки $p_{ош}$ вычисляется вероятностью переименования полярности информационного импульса при воздействии совокупности помех. Под воздействием совокупности помех положительные и отрицательные импульсы могут поменять свою полярность (рисунок 4.4).

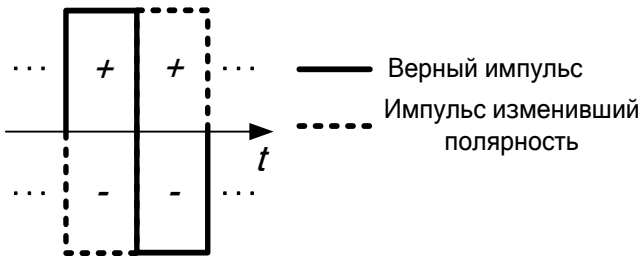

Рисунок 4.4 – Изменение полярности импульсов под действием совокупности помех

Вероятность ошибки находится по формуле:

$$p_{ош} = \frac{N_{ош}}{N_{общ}}, \tag{4.11}$$

где $N_{ош}$ – это число переименованных импульсов за одну секунду;
$N_{общ}$ – это общее количество принятых импульсов.

$$N_{общ} = R, \ \frac{бит}{с}, \tag{4.12}$$

где R – это скорость передачи информации, число информационных импульсов за 1 секунду.

Тогда, можно вывести:

$$p_{ош} = \frac{N_{ош}}{R}. \qquad (4.13)$$

Проскальзывание – это означает уменьшение или увеличение числа тактовых интервалов цифрового сигнала. Проскальзывание приводит или к потере импульсов, или к появлению вставок ложных импульсов. Фазовое дрожание – это смещение информационных импульсов по времени (рисунок 4.5).

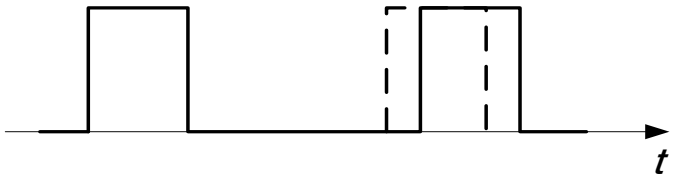

Рисунок 4.5 – Фазовое дрожание импульсов

Согласно нормам МККР в РРЛ за 10 секунд времени допускается пропадание одного импульса на скорости передачи R = 8,45 Мбит/с. И вероятность ошибки не более $p_{ош} \leq 10^{-3}$. Вероятность ошибки, как и вероятность проскальзывания, зависит от отношения сигнал/шум при выходе из приемника.

Мощность тепловых шумов приведенных к входу приемника рассчитываем по следующему выражению:

$$P_{ш} = N_{ш} \cdot k \cdot T_0 \cdot \Delta f, \text{ [Вт]} \qquad (4.14)$$

где $N_{Ш}$ –это шум-фактор входных каскадов приемника;

k –это постоянная Больцмана;

T_0 –это шумовая температура антенны;

Δf -это полоса пропускания приемника в МГц.

$$k \cdot T_0 \approx 4 \cdot 10^{-21}, \ \frac{\text{Вт}}{\text{Гц}}$$

$$\Delta f = 10^6, \text{ Гц}$$

$$k \cdot T_0 \cdot \Delta f = 4 \cdot 10^{-15}, \text{ Вт}$$

$$p_{ош} = 10^{-3}.$$

Полезный сигнал (P_c) при обеспечении $p_{ош} = 10^{-3}$ должен быть в 20 раз больше мощности шумов на входе приемника.

4.6 Расчет коэффициента усиления цифрового СВЧ ретранслятора

Найти коэффициент усиления цифрового СВЧ ретранслятора при скорости передачи 2 Мбит/с в диапазоне частот 7 ГГц с модуляцией вида 4-ФМ и выходной мощностью 2,5 Вт. Расширение полосы приемника составляет 30%, суммарное ухудшение 3 дБ, шум-фактор приемника 7 дБ, желаемая вероятность ошибки равна 10^{-6}. Коэффициент усиления каждой антенны равен 30 дБ, и длина между ретрансляторами около 44,5 км. Переходные затухания и затухания при фильтрации примерно составляют 5 дБ.

По рисунку 4.6 рассчитаем требуемую величину E_b / N_o для 4-ФМ, равную 10,7 дБ.

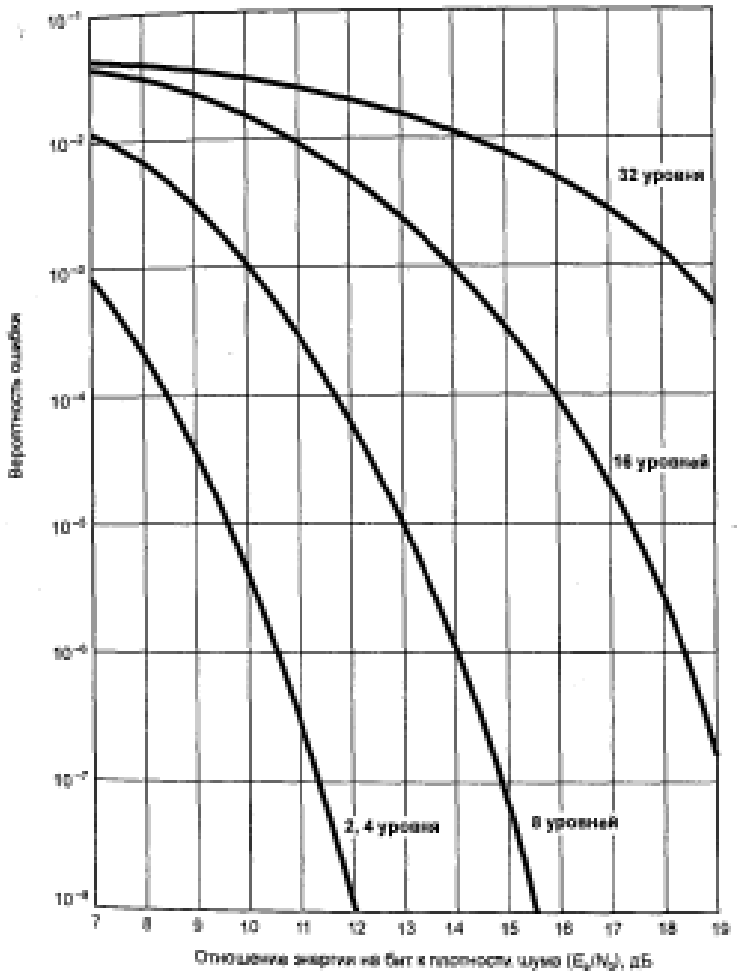

Рисунок 4.6 – Вероятности ошибок в системах с ФМ

Применяя выражение (4.15), можно найти, что ОСШ в детекторе на 3 дБ больше, чем величина E_b / N_o.

$$ОСШ = \log_2 N\left(\frac{E_b}{N_j}\right), \quad N > 2. \qquad (4.15)$$

Так, искомое значение ОСШ = 13,7 дБ.

При модуляции типа 4-ФМ плотность передачи информации равна 2 бит/с/Гц, тактовая частота равна 5 МГц, это соответствует минимальной ширине полосы. При определении коэффициента усиления системы возможно использовать выражение:

$$A_S = 10Lg\left(\frac{P_T}{SNR \cdot F \cdot k \cdot T_O \cdot B}\right) - D. \qquad (4.16)$$

где SNR – это теоретическое отношение мощности сигнала к мощности шума, оно вводится при максимально допустимой вероятности ошибки;

F – это шум-фактор приемника;

B – это ширина полосы приемника;

k – это постоянная Больцмана, = $1{,}38 \times 10^{-23}$;

T_o – это эффективная шумовая температура приемника.

$$A_S = 10Lg\left(\frac{2}{4 \cdot 10^{-21} \cdot 5 \cdot 10^{6}}\right) - 13{,}7 - 7 - 3 - 10Lg1{,}3 = 116 \text{дБ}.$$

Для частоты несущей волны 7 ГГц, длина волны составляет $3 \times 10^8 / 7 \times 10^9 = 0{,}043$ м. Из выражения (3.16) можно рассчитать запас для замирания.

$$Запас\ \ на\ \ замирание = 116 + 60 + 20Lg\left(\frac{0{,}043}{4\pi \cdot 5 \cdot 10^{4}}\right) - 5 = 37{,}5\ \ дБ.$$

4.7 Разработка имитационной модели проектируемой трассы ЦРРЛ Киевка-Изенды-Щербаковское на пакете NetCracker Профессионал 4.1

В нынешнее время идет интеграция отдельных сетей: телефонной сети общего пользования (ТСОП), сети подвижной связи (СПС) и сети документальной электросвязи (СДЭ), которая называется конвергенцией. Для проектирования такой интегрированной сети встает необходимость определения законов распределения проходящего трафика, выбора устройств сети и интерфейсов между ними. Решения таких задач при проектировании еще не действующей в реальности сети, аналитически является сложным, иногда и невозможными задачами, поэтому эти задачи решают путем имитационного моделирования. Для этого при применении имитационного моделирования актуальным будет применение программы NetCracker Профессионал 4.1. На рисунке 4.7 приведена разработанная имитационная модель проектируемой трассы ЦРРЛ Киевка-Изенды-Щербаковское на основе пакета NetCracker Профессионал 4.1

Для проведения экспериментов в модели, время во всех исследованиях задавалось =10 минутам. Полученные результаты приведены на рисунках ниже: 4.8-4.12

В этой работе при моделировании технологий интегрированной сети применялись элементы управления в программе NetCracker, позволяющие выполнить моделирование разных топологий сети и определить главные характеристики интегрированной сети. При процессе настройки модели в трафике применялись разные законы распределения трафика путем выбора их и установке при выборе параметров и распределений при процессе имитации. Исследования показали, что при экспоненциальном законе распределения трафика в схеме модели отсутствуют коллизии на устройствах. Это доказывает правильность выбора параметров трафика, устройств и программных средств в модели. Чтобы модель была близка к реальности при установке серверов дополнительно к ним были установлены кроме сетевого адаптера для создания интерфейса между ними и коммутатороми программное обеспечение (Small office database server) для серверов.

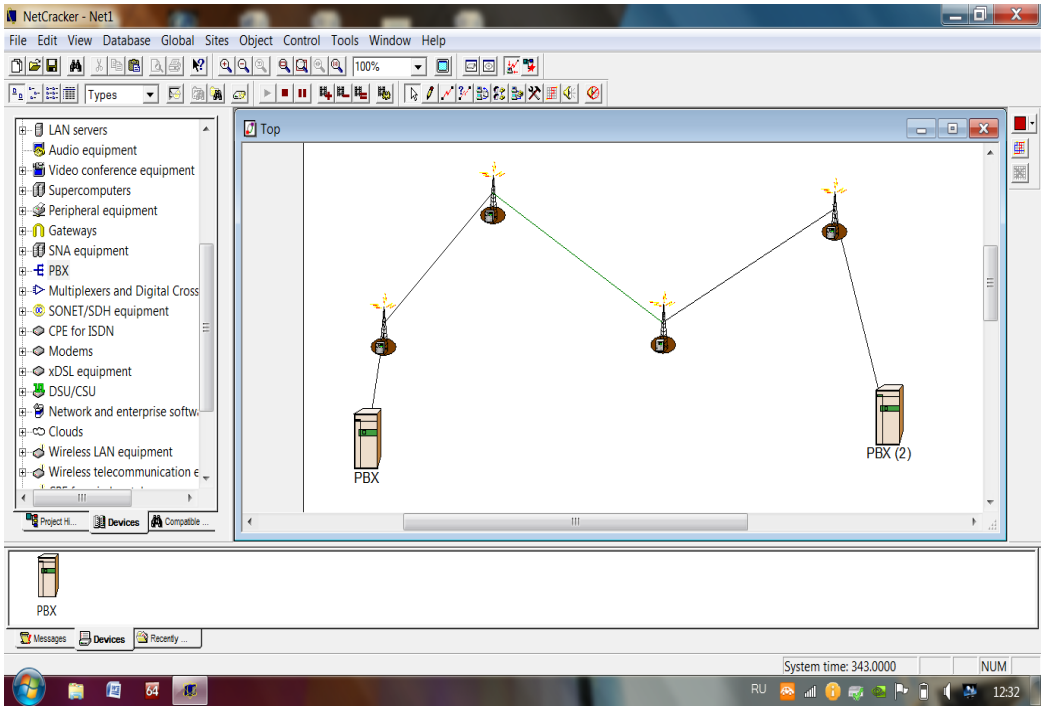

Рисунок 4.7 Имитационная модель проектируемой трассы ЦРРЛ Киевка-Изенды-Щербаковское на пакете NetCracker Профессионал 4.1

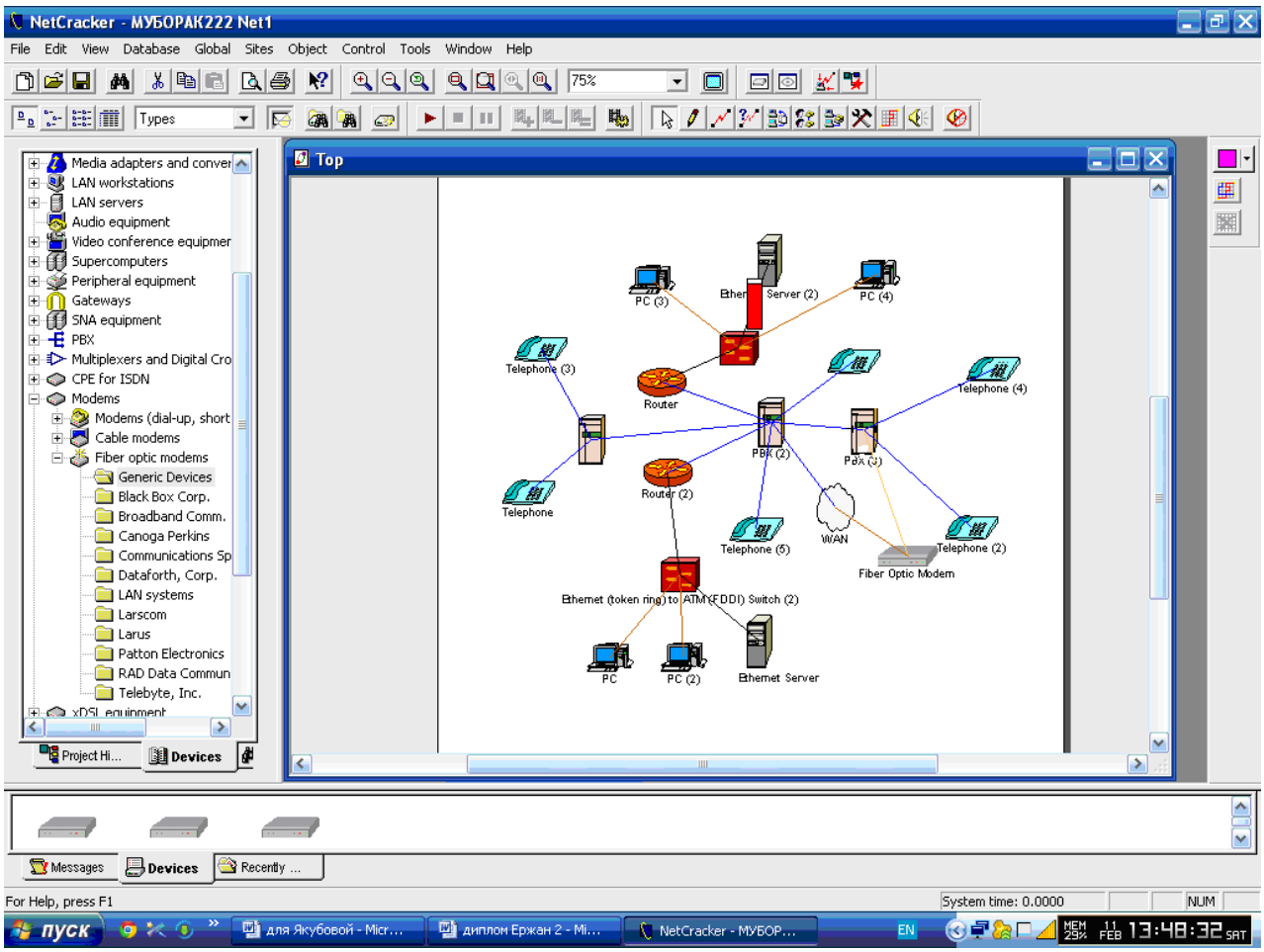

Рисунок 4.8 Нагрузка на проектируемой трассе ЦРРЛ Киевка-Изенды-Щербаковское на пакете NetCracker Профессионал 4.1

Распишем полученные результаты при помощи графиков приведенных на рисунках. Рис. 4.8 показывает величину загрузки линии между PBX (3) и телефонным аппаратом (4) составляющем в среднем 73%. На рис. 4.9 величина загрузки линии между коммутатором (1) и рабочей станцией PC4 составляет 30%. Разница в загруженности между телефонной нагрузкой и передачей данных получается большая, этому могут быть причины, например, активное пользование телефонным каналом, чем создание трафика передачи данных, телефоном пользуются все сельчане.

На рис. 4.10 показан трафик данных величины загрузки линии между станцией PBX (2) и маршрутизатором составляющий 98%, рис. 4.11 показывает, что, величина средней загрузки линии между маршрутизатором (1) и коммутатором составляет 72,5%, после маршрутизатора, нагрузка уменьшилась на 28%. Это показывает, что в маршрутизаторе в следствии процессов обработки трафика проходит не вся нагрузка, за счет возникающей очереди к буферу для ее обработки. К серверу нагрузка несколько увеличивается, что видно на рис. 4.12. Увеличение трафика можно объяснить тем, что кроме потока после маршрутизатора к нему могут быть обращения от рабочих станций данной локальной сети.

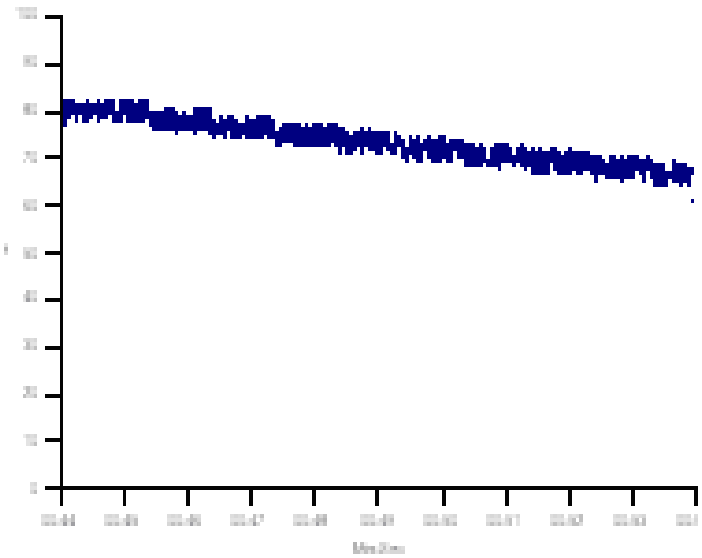

Рисунок 4.9 Величина загрузки линии между PBX (3) и телефонным аппаратом (4) составляет в среднем 73%

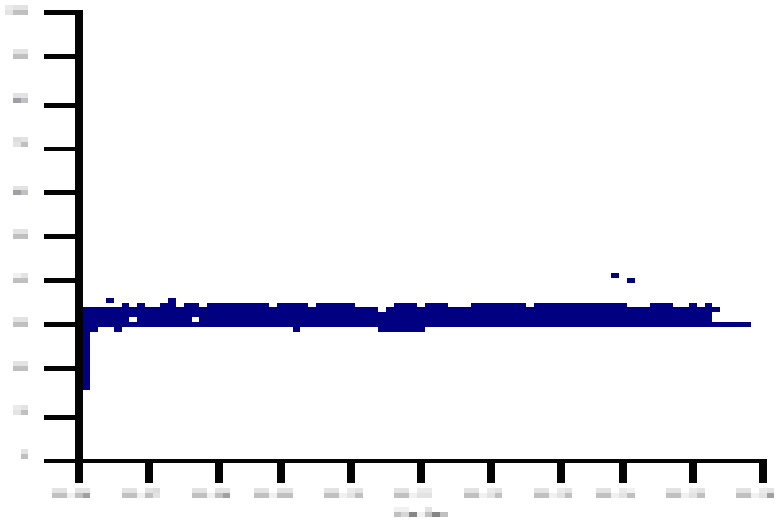

Рисунок 4.10 Величина загрузки линии между коммутатором (1) и рабочей станцией PC4 составляет 30%

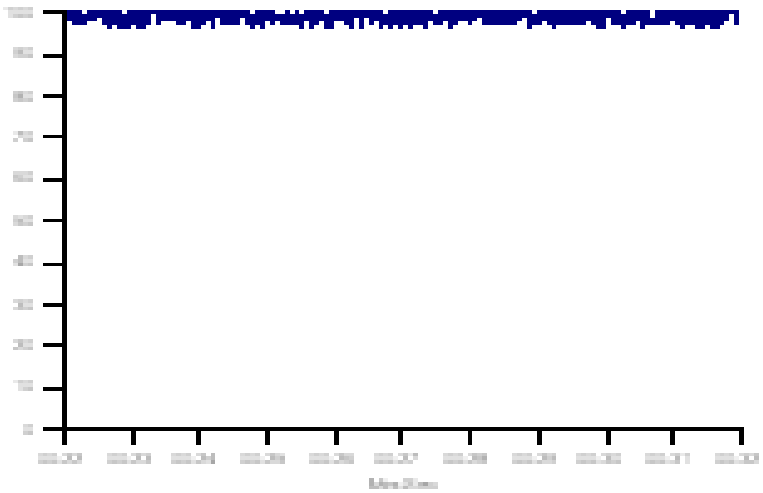

Рисунок 4.11 График величины загрузки линии между станцией РВХ (2)и маршрутизатором составляет 98%

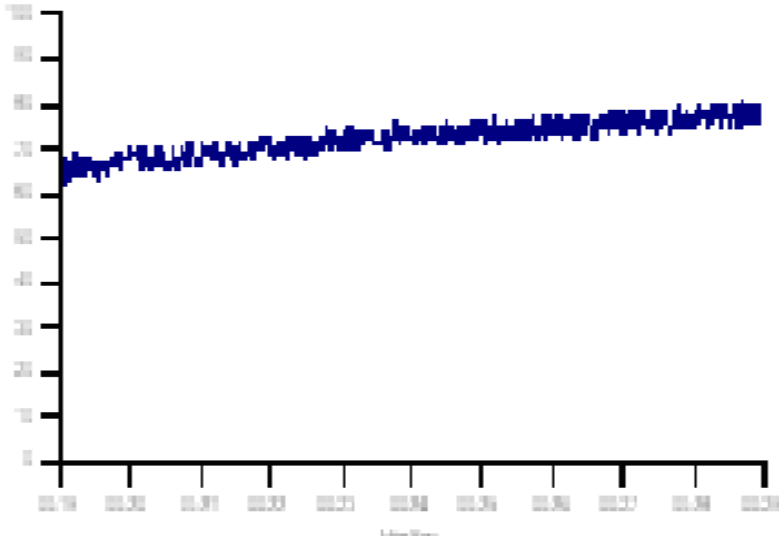

Рисунок 4.11 График величины средней загрузки линии между маршрутизатором (1), коммутатором составляет 72,5%

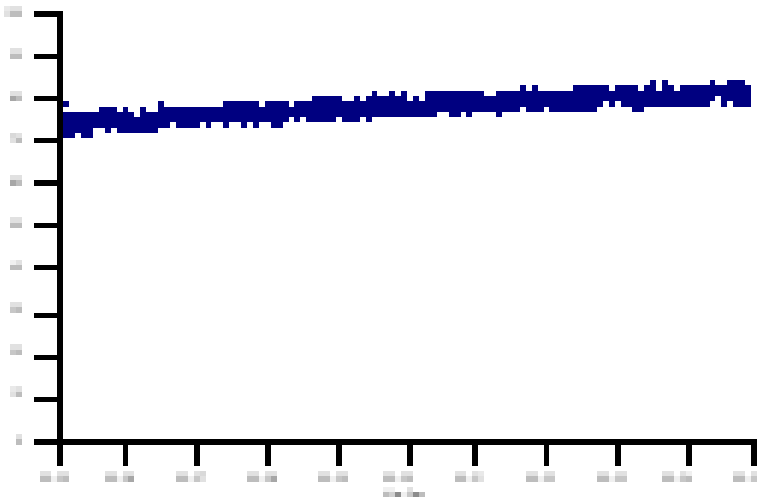

Рисунок 4.12 График величины средней загрузки линии между коммутатором и сервером составляет 77%

Так, приходим к выводу, что составляющая сети передача данных имеет резерв для будущего развития при увеличении уровня информатизазии в этих пунктах. Более чаще население этих пунктов используют телефонную связь. Что касаемо маршрутизатора, то он еще пока не является помехой для работы этой сети, а в дальнейшем можно заменить более быстродействующий.

5 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

5.1 Расчет производственного освещения

5.2 Расчет естественного освещения

Расчет естественного освещения заключается в определении площади световых проемов при боковом и верхнем освещении.

Общую площадь окон определяем по формуле (5.2.1) для бокового освещения:

$$S_0 = \frac{S_n \cdot e_н \cdot \eta_0 \cdot K_{зд} \cdot K_з}{100 \cdot \tau_0 \cdot r_1}, \qquad (5.2.1)$$

где S_n – площадь пола помещения, м^2:

$S_n = L \cdot B = 18 \cdot 12 = 216$ м^2

$e_н$ – нормированное значение КЕО для зданий располагаемых в различных районах, которое можно найти по формуле:

$$e_н = e_{КЕО} \cdot m \qquad (5.2.2)$$

$e_{КЕО}$ - значение КЕО для зрительных работ: $e_н = 1{,}5\%$

$e_н = 1{,}5 \cdot 0{,}75 = 1{,}125$

$К_з$ – коэффициент запаса для лаборатории: $К_з = 1{,}2$;

τ_0 - общий коэффициент светопропускания, определяемый по формуле:

$$\tau_0 = \tau_1 \cdot \tau_2 \cdot \tau_3 \cdot \tau_4 \cdot \tau_5, \qquad (5.2.3)$$

τ_1 - коэффициент светопропускания материала: для стеклопакета $\tau_1 = 0{,}8$;

τ_2 - коэффициент, учитывающий потери света в переплетах светопроёма для деревянных спаренных стеклопакетов: $\tau_2 = 0{,}7$;

τ_3 - коэффициент, учитывающий потери света в несущих конструкциях, при боковом освещении равен 1;

τ_4 - коэффициент, учитывающий потери света в солнцезащитных устройствах, для убирающихся регулируемых жалюзи: $\tau_4 = 1$;

τ_5 - коэффициент, учитывающий потери света в защитной сетке, устанавливаемой под фонарями, принимают равным 0,9.

Тогда $\tau_0 = 0{,}8 \cdot 0{,}7 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0{,}9 = 0{,}504$

η_0 – световая характеристика окон:

Отношение длины помещения к его глубине: $\frac{L}{\frac{B}{2}} = \frac{18}{6} = 3$;

$h_1 = h_{ок} + h_{н.ок} - h_{пов} = 4 + 1 - 0,8 = 4.2$ м,

где h_1 – высота от уровня условной рабочей поверхности до верха окна;

уровень условной рабочей поверхности $h_{пов}$=0,8 м.

Отношение глубины помещения к его высоте от уровня условной рабочей поверхности до верха окна: $\frac{B}{h_1} = \frac{12}{4.2} = 2.86$

Учитывая эти отношения $\eta_0 = 9.6$

r_1 – коэффициент, учитывающий повышение КЕО при боковом освещение благодаря свету, отраженному от поверхностей помещения и подстилающего слоя, прилегающего к зданию:

Отношение глубины помещения к высоте от уровня условной рабочей поверхности до верха окна: $\frac{B}{h_1} = \frac{10}{2,7} = 2.86$;

Отношение расстояния расчетной точки от наружной стены к глубине помещения: $\frac{H}{B} = \frac{5}{12} = 0,42$;

Отношение длины помещения к его глубине: $\frac{L}{B} = \frac{18}{12} = 1.5$

$$\frac{\rho_{пот} + \rho_{ст} + \rho_{пол}}{3} = \frac{50 + 10 + 30}{3} = 30\,\%$$

Следовательно, средневзвешенный коэффициент отражения потолка, стен и пола равен 0.3.

Учитывая все эти коэффициенты, найдем r_1 = 1,1

$К_{зд}$ – коэффициент, учитывающий затенение окон противостоящими зданиями:

$\frac{P}{H_{зд}} = \frac{12}{3} = 4$;

$К_{зд}$ = 1

Подставим все значения в расчетную формулу (5.2.4):

Получим: $S_0 = \frac{216 \cdot 9,6 \cdot 1,125 \cdot 1,2 \cdot 1}{100 \cdot 0,504 \cdot 1,1} \approx 50,5$ м^2.

Так как предусматривали двустороннее боковое освещение, то площадь световых проемов на одной стороне будет 50,5:2=25,25 м^2. Высота оконных проемов 4 м, следовательно, длина их составит 25,25:4=6,3 м.

Таким образом, площадь световых проемов составит с обеих сторон по 25,25 м^2 (6,3×4 м) (рисунок 2.1).

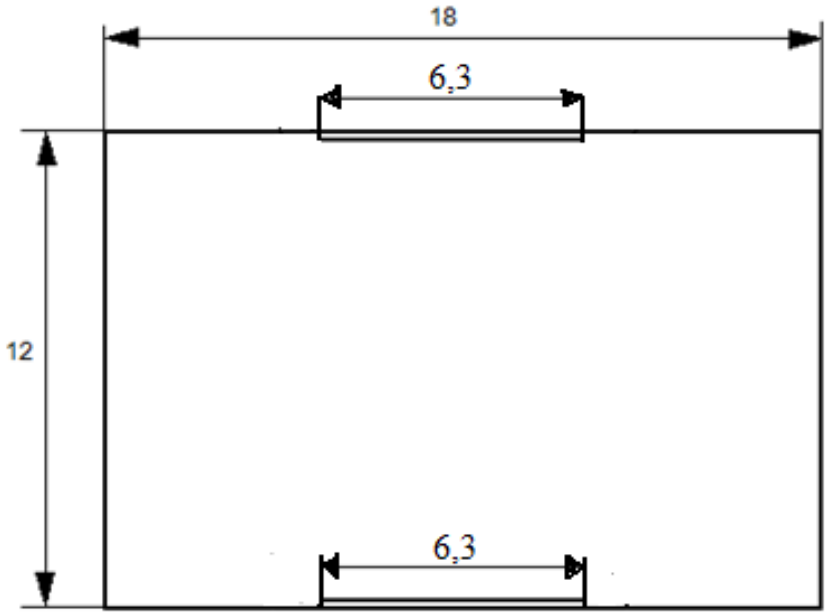

Рисунок 5.1 – Схема помещения при естественном освещении

5.3 Расчет искусственного освещения.

Рациональное освещение помещений - один из наиболее важных факторов, от которых зависит эффективность трудовой деятельности человека.

Хорошее освещение необходимо для выполнения большинства задач оператора. Для того чтобы спланировать рациональную систему освещения, необходимо учитывать специфику рабочего задания, для которого создается система освещения, скорость и точность, с которой это рабочее задание должно выполняться, длительность его выполнения и различные изменения в условиях выполнения рабочих операций.

Помещение, в котором находится рабочее место оператора, имеет следующие характеристики:

- длина помещения l=18 м;
- ширина помещения b=12 м;
- высота h=5 м;
- число светильников 9;
- тип светильников ПВЛМ 2х40, F=4500лм;
- окраска интерьера: белый потолок, белые стены, пол деревянный, обтянутый линолеумом оранжевого цвета.

Нормами для данных работ установлена необходимая освещенность рабочего места Ен=300лк (средняя точность работы по различению деталей размером от 1 до 10 мм).

Точечным методом проверим соответствие данного количества и типа светильников нормируемой величине (см. рисунок 5.2).

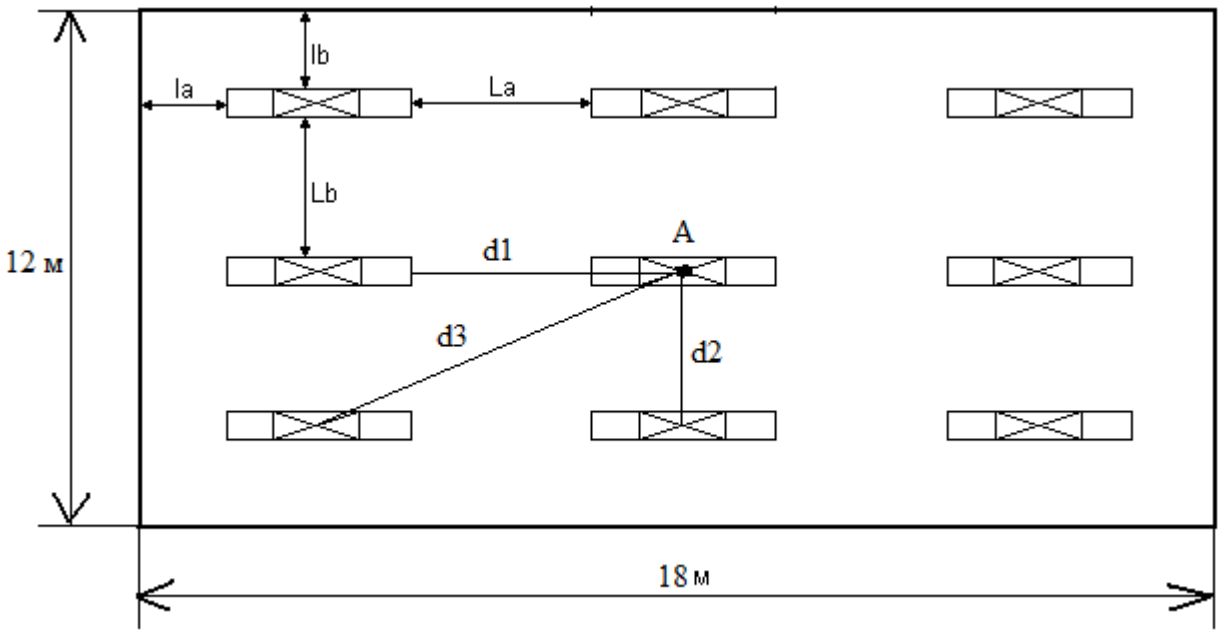

Рисунок 5.2 – Расположение светильников

Определение расчетной высоты подвеса:

$h_{расч}=H - (h_{пов} + h_{свеса})$, (5.2.1)

$h_{расч}=5 - (0,8 + 0,2) = 4$ м

Расстояние между светильниками (Z):

$L_{A,B}= \lambda \cdot h_{расч}$, где $\lambda = 0.6 \div 2$ (5.2.2)

1. В длину:

$L_A=1,5 \cdot 4 = 6$ м.

2. В ширину:

$L_B = 1 \cdot 4 = 4$ м.

Расстояние от стен помещения до светильников:

$l_{A,B}= L_{A,B} /2$ (5.2.3)

В длину: $l_A=6/2=3$ м; в ширину: $l_B=4/2=2$м.

Намечаем контрольную точку А. Для нее определяем суммарную условную освещенность всех светильников следующим образом:

Находим проекцию расстояния на потолок от точки А до светильника- d_i.

Далее определяем угол между потолком и прямой d_i. По этому углу находим условную освещенность. Проверим, выполняется ли условие:

$E_г \geq E_{норм}$ (5.2.4)

где $E_Г = F \cdot \mu \cdot \dfrac{\sum_{i=1}^{m} e_{Гi}}{1000 \cdot K_з}$ (5.2.5)

$K_з$ - коэффициент запаса, принимаем равным 1,2;

μ – коэффициент, учитывающий действие от удаленных светильников и отраженный световой поток от стен, потолка и расчетной поверхности (1,1 ÷ 1,2). Выбираем равным 1.15.

Световой поток ПВЛМ-2х40 $F = 4500$ лм

$$e_{Гi} = \frac{I_{\alpha_i} \cos^3(\alpha_i)}{h_{расч}^{\ 2}}, \quad (5.2.6)$$

где $\alpha_i = \mathrm{arctg}(\frac{d_i}{h})$, (5.2.7)

Расстояние от центральной точки до светильника равно d_1, где $d_1 = 6$ м,

тогда $\alpha_1 = arctg\left(\frac{6}{4}\right) = 56.3^o$

Определяем силу света, которая примерно равна $I_{\alpha 1} \approx 69$ кд.

тогда $E_{Г1}$: $e_{Г1} = \dfrac{69 \cdot \cos^3(56{,}3^o)}{4^2} = 0.74$ лк.

Вычислим $E_{Г2}$:

$d_2 = 4$ м.

$\alpha_2 = \mathrm{arctg}(\frac{4}{4}) = 45^o$, $I_{\alpha 2} = 110$ кд.

$e_{Г2} = \dfrac{110 \cdot \cos^3(45^o)}{4^2} = 2.43$ лк.

Вычислим $E_{Г3}$:

$d_3 = \sqrt{d_1^{\ 2} + d_2^{\ 2}} = \sqrt{6^2 + 4^2} = 7.2$ м.

$\alpha_3 = \mathrm{arctg}(\frac{7.2}{4}) = 60.9^o$, $I_{\alpha 3} = 66$ кд.

$e_{Г3} = \dfrac{66 \cdot \cos^3(60.9^o)}{4^2} = 0.47$ лк.

Суммарная условная освещенность равна:

$\sum e_Г = 2 \cdot 0.74 + 2 \cdot 2.43 + 4 \cdot 0.47 = 8.22$ лк

Суммарная освещенность равна:

$$E_{АГ} = \frac{\mu \cdot F_л}{1000 \cdot K_з} \cdot \sum e_Г = \frac{1.15 \cdot 4500 \cdot 2}{1000 \cdot 1.2} \cdot 8.22 = 70.9 лк$$

Освещенность на рабочем месте считается не достаточной, т.к. нормируемая освещенность – 300 лк, следовательно, производим реконструкцию освещенности.

Произведем реконструкцию, применяя метод коэффициента использования.

Определим индекс помещения (i):

$$i = \frac{L \cdot B}{h_{расч} \cdot (L + B)} = \frac{18 \cdot 12}{4(18 + 12)} = 1.8$$

Определим коэффициент использования светового потока(η):

η=50%

Количество ламп при необходимой освещенности E=300 лк:

$$N = \frac{E_н \cdot S \cdot Z \cdot K_з}{F \cdot \eta} \qquad (5.2.8)$$

где Z – коэффициент неравномерности освещения, равный 1,1÷1,2;
$K_з$ – коэффициент запаса, принимаемый равным 1,2.

$$N = \frac{300 \cdot 216 \cdot 1{,}15 \cdot 1{,}2}{2 \cdot 4500 \cdot 0{,}50} \approx 20(øò).$$

Возьмем другой тип ламп (к примеру, РЛ125 с F=6200 лм).

тогда $N = \frac{300 \cdot 216 \cdot 1{,}15 \cdot 1{,}2}{2 \cdot 6200 \cdot 0{,}50} \approx 15(øò)$

Увеличим количество ламп до 15 световым потоком F=6200 лм.

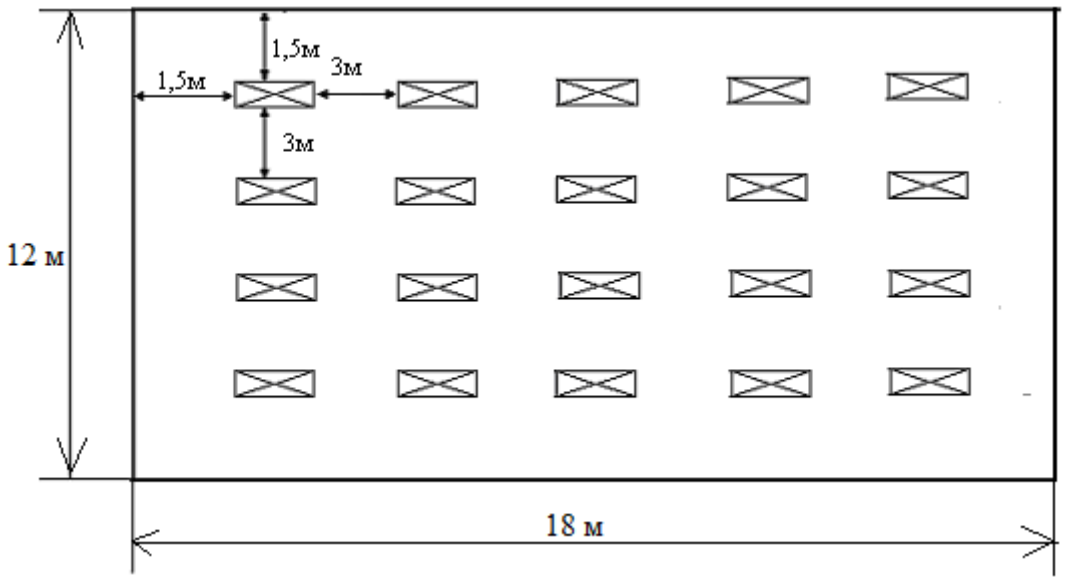

Рисунок 5.3 - Новая схема расположения светильников

Для новой схемы расположения светильников найдем расстояние между светильниками, учитывая $\lambda=0,6\div2,0$.

$L_A=\lambda\cdot h_p=0.75\cdot4=3$ м
$L_B=\lambda\cdot h_p=0.75\cdot4=3$ м
$l_a=(0,4\div0,5)\cdot L_A=0.5\cdot3=1.5$ м
$l_b=(0,4\div0,5)\cdot L_B=0.5\cdot3=1.5$ м.

Заключение: Для обеспечения необходимой освещенности автозала с параметрами 18x12x5 необходимо установить количество светильников типа РЛ HPL-N125 до 15 штук.

5.4 Анализ условии труда рабочего персонала базовой станции

Целью данного проекта является разработка сети передачи данных Нуринского РУТ, Карагандинской области на основе создания цифровых РРЛ.

Система базовой станции состоит из шлюза базовых станций и приемо-передающих базовых станций. Шлюз базовой станции управляет несколькими приемо-передающими блоками. Базовая станция посредством антенно-фидерного тракта соединена с антенной, которая в свою очередь осуществляет прием и передачу сигналов. Также базовая станция с помощью транковых кабелей соединена со шлюзом, который имеет доступ к сети Интернет или СТОП (сеть телекоммуникаций общего пользования). Непосредственно шлюз базовых станций соединен с сервером, который осуществляет запись возникших аварий в сети.

Мониторинг сети проводится операторами, которые соединены с сервером посредством коммутатора.

Контейнер базовой станции содержит систему бесперебойного электропитания, аккумуляторные батареи и выпрямителя.

Подсистема базовой станции управляет распределением радиоканалов, контролирует соединения, регулирует их очередность, обеспечивает режим работы с прыгающей частотой, модуляцию и демодуляцию сигналов, кодирование и декодирование сообщений, кодирование речи, адаптацию скорости передачи для речи, данных и вызова, определяет очередность передачи сообщений персонального вызова

Параметры помещения по обслуживанию сети.

Операторский зал: 5x7x3,5

План помещения операторской приведен на рисунке 4.2, где учтены требования к планировке и размещению оборудования в вычислительных помещениях.

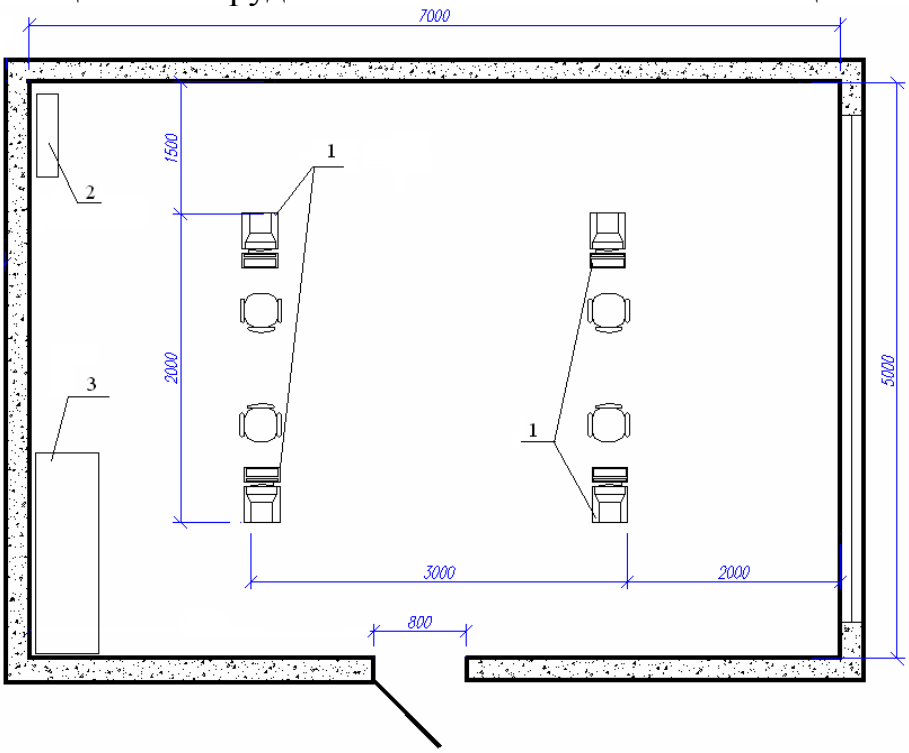

Рисунок 4.2 – Схема расположения рабочего места операторов, где 1 – компьютер; 2 – коммутатор; 3 – шкаф для рабочего персонала (2500x2000x800).

Главная задача оператора пользовательского доступа состоит в приеме и вводе информации, наблюдении и корректировке подсчета задач на ЭВМ по программам и своевременном принятии мер при сбое или неполадках в сети.

Режим труда и отдыха операторов организован в три или две смены по 8 или 12 часов соответственно. Основным перерывом является перерыв на обед. Также дополнительно вводится два-три регламентированных перерыва длительностью 10 мин каждый: два перерыва – при 8-часовом рабочем дне. При 8-часовой рабочей смене с обеденным перерывом через 4 часа работы дополнительные регламентированные перерывы вводятся через 3 часа после начала работы и за 2 часа до ее окончания.

Количество рабочих часов в неделю не превышает 40.

Операторы подвергаются воздействию вредных и опасных факторов производственной среды: недостаточной освещенности, статическому электричеству, недостаточно удовлетворительных метеорологических условий и т.п.

При длительной работе за экраном дисплея, у операторов отмечается выраженное напряжения зрительного аппарата с появлением жалоб на неудовлетворенность работой, головные боли, раздражительность, нарушение сна, усталость и болевые ощущения в глазах, пояснице, в области шеи, руках и др.

Для успешного труда рационально организовывается окружающая среда, ограждающая работника от воздействия посторонних раздражителей.

В цехах с работающей ВТ на рабочих местах оптимальные параметры микроклимата следующие: в холодные периоды года температура воздуха, скорость его движения и относительная влажность воздуха составляют 22÷24ºС, 0,1 м/сек, 60 процентов; температура воздуха 21÷25ºС, при сохранении остальных параметров микроклимата и указанных выше пределах. В теплые периоды года температура воздуха, его подвижности и относительной влажности соответственно составляют 23-25ºС; 0,1÷0,2 м/сек; 60÷70 процентов; температура воздуха колеблется от 22÷26ºС при сохранении остальных параметров микроклимата в указанных выше пределах. Но не всегда можно получить оптимальные параметры микроклимата, поэтому приведем допустимые значения параметров микроклимата в таблице 4.1 [8].

Т а б л и ц а 4.1 – Допустимые значения параметров микроклимата в холодный/теплый период года

Категория работы	Температура воздуха, С	Относительная влажность, процент	Скорость движения воздуха, м/с - не более
Легкая 1б	21-25/22-28	75/55 при 28С^0	0,1/0,1-0,2

В производственное помещение залов операторов подаются следующие объемы наружного воздуха:

- при кубатуре помещения до 20 мин на одного работающего – не менее 30 мин/час на человека;
- при кубатуре помещения 20 – 40 мин на одного работающего – не менее 20 мин/час на человека;
- при кубатуре помещения более 40 мин на одного работающего, наличии окон и отсутствия выделения вредных веществ допускается естественная вентиляция помещений, если не требуется соблюдение технологических параметров чистоты воздуха;
- в производственных помещениях без окон и фонарей подача воздуха на одного работающего не менее 60 мин/час при соблюдении норм микроклимата и ПДК вредных веществ и пыли.

Кондиционирование воздуха обеспечивает автоматическое поддержание параметров микроклимата в необходимых пределах в течение всех сезонов года очистку воздуха от пыли и вредных веществ, создание небольшого избыточного

давления в чистых помещениях для исключения поступления неочищенного воздуха. Температура воздуха, подаваемого в помещение операторов не ниже 19ºС [8]. Поскольку средняя температура летом в городе Актау составляет 30^0С, то приведем расчет аспирационной системы.

Базовую станцию обслуживают два специалиста. Режим появления, а также продолжительность нахождения зависит от возникновения аварии на данной базовой станции. Категория их работы на объекте относится к категории 1а (легкая физическая работа), при этом энергозатраты организма менее 138 ккал/ч, производимые работы делаются сидя и не требуют напряжения. При этом в зависимости от энергозатрат организма согласно Санитарным правилам и нормам по гигиене труда в промышленности предусматривает температуру воздуха в теплый период (22 – 24 С), в холодный период (23 – 25 С) и также скорость движения воздуха не более 0,1 м/с.

С точки зрения пожарной безопасности помещение операционного зала относится к категории D, так как в нем присутствуют несгораемые вещества и материалы в холодном состоянии; степень огнестойкости Ш – здание с несущими и ограждающими конструкциями из железобетона. Предел огнестойкости 1-2 часа.

Причинами пожаров в операционном зале, являются: искрение в оборудовании; теплота, выделяющаяся при перегрузках электрических сетей, машин и аппаратов, больших переходных сопротивлениях (наиболее часто перегрузки возникают при токовых нагрузках, превышающих в течение длительного времени допустимые значения, а большие сопротивления – при плохих контактах); искры при коротких замыканиях – возникают при неправильном подборе и монтаже электросетей, износе, старении и повреждении изоляции электропроводов и оборудования; неисправность отопительных приборов и нарушение технологического процесса, в результате которого выделяются горючие газы, пары или пыль; применение разветвленных систем вентиляции и кондиционирования (поэтому кислород как главный окислитель процессов горения имеется в любой точке помещения в любое время).

Производственная среда, являющаяся предметным окружением человека, сочетает в себе рациональное архитектурно-планировочное решение, оптимальные санитарно-гигиенические условия (микроклимат, освещение, отопление, вентиляция и другие), научно-обоснованную цветовую окраску и создание высокохудожественных интерьеров.

Так как на станции установлена антенна, используется молниезащита.

Для приема электрического разряда молнии и отвода её в землю применяют молниеотводы. Молниеотвод состоит из несущей части – опоры, молниеприемника, токоотвода и заземления [9].

При выполнении молниезащиты для повышения безопасности людей заземленные молниеотводы размещены в редко посещаемых местах, в удалении на 5 метров и более от грунтовых, проезжих и пешеходных дорог.

Для защиты от проявления электростатической индукции металлические корпуса всего оборудования присоединены к специальному защитному заземлению местной электросети.

Степень взрывопожароопасности объектов оценивается по классификации Правил устройства электроустановок (ПУЭ). Инструкция по проектированию и устройству молниезащиты СН 305— 77 устанавливает три категории устройства молниезащиты (I, II, III) и два типа (А и Б) зон защиты объектов от прямых ударов молнии. Зона защиты типа А обеспечивает перехват на пути к защищаемому объекту не менее 99,5 процентов молний, а типа Б — не менее 95 процентов .

Объекты I категории молниезащиты защищают от прямых ударов молнии отдельно стоящими стержневыми, тросовыми молниеотводами или молниеотводами, устанавливаемыми на защищаемом объекте, но электрически изолированными от него.

Отдельно стоящий стержневой молниеотвод (рисунок 4.3) состоит из опоры 1 (высотой 25 м - из дерева, 5м - из металла), токоотвод 2 (сечением 50 мм^2) и заземлитель 4.

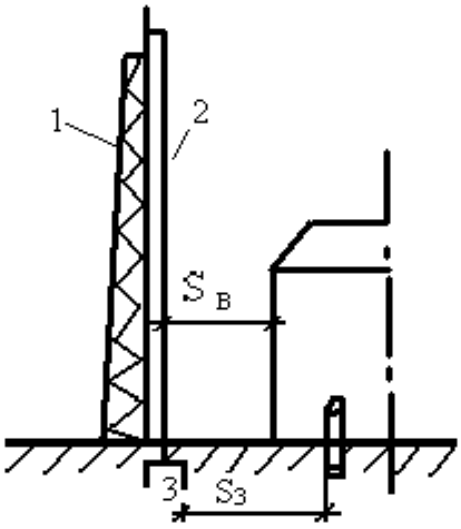

Рисунок 4.3 - Расположение молниеотвода

При установке молниеотвода на здании обеспечивается безопасное расстояние Sв по воздуху между токоотводом и защищаемым объектом, исключающее возможность электроразряда между ними. Кроме того, для предупреждения заноса высоких потенциалов через грунт обеспечено безопасное расстояние Sз между заземлителем и металлокоммуникациями, входящими в здание, оно равно Sз==0,5 $R_и$ и равно 3 м; $R_и$ — импульсное электросопротивление заземлителя.

В качестве токоотводов используются металлические конструкции зданий и сооружений, вплоть до пожарных лестниц на зданиях. Импульсное сопротивление каждого заземлителя 10 Ом, для наружных установок —50 Ом.

На центральной базовой станции используется молниезащита отдельно стоящего стержневого молниеотвода.

5.5 Лазерная безопасность

5.6 Воздействие лазерного излучения на органы зрения

Основной элемент зрительного аппарата человека - сетчатка глаза - может быть поражена лишь излучением видимого (от 0.4 мкм) и ближнего ИК-диапазонов (до 1.4 мкм), что объясняется спектральными характеристиками человеческого глаза. При этом хрусталик и глазное яблоко, действуя как дополнительная фокусирующая оптика, существенно повышают концентрацию энергии на сетчатке, что, в свою очередь, на несколько порядков понижает максимально допустимый уровень (МДУ) облучения зрачка.

Технико-гигиеническая оценка лазерных изделий

В нашей стране на базе проведенных комплексных исследований и современных представлений о влиянии лазерного излучения на организм человека разработан и утвержден ряд нормативных документов, обеспечивающих безопасную эксплуатацию лазерных изделий. Эти документы устанавливают единую систему обеспечения лазерной безопасности. В такую систему входят: технические средства снижения опасных и вредных производственных факторов, организационные мероприятия, контроль условий труда на лазерных установках. В современной отечественной научно-технической и нормативной литературе дано несколько вариантов классификации лазерных изделий. С позиции обеспечения лазерной безопасности их классифицируют по основным физико-техническим параметрам и степени опасности генерируемого излучения.

В зависимости от конструкции лазера и конкретных условий его эксплуатации обслуживающий его персонал может быть подвержен воздействию опасных и вредных производственных факторов. Уровни опасных и вредных производственных факторов на рабочем месте не превышают значений, установленных по электробезопасности, взрывоопасности, шуму, уровням ионизирующего излучения, концентрации токсических веществ и др.

Установлены следующие 4 класса лазеров:

1. Полностью безопасные лазеры, выходное излучение которых не представляет опасности для глаз и кожи человека;

2. Лазеры, выходное излучение которых представляет опасность при облучении кожи или глаз человека коллимированным пучком. В то же время диффузно отраженное излучение лазеров этого класса безопасно как для кожи, так и для глаз;

3. Лазерные устройства, работающие в видимой области спектра и выходное излучение которых представляет опасность при облучении как глаз (коллимированным и диффузно отраженным излучением на расстоянии менее 10 см от отражающей поверхности), так и кожи (только коллимированным пучком);

4. Наиболее опасный — к нему относят лазерные устройства, даже диффузно отраженное излучение которых представляет опасность для глаз и кожи на расстоянии менее 10 см.

При определении класса опасности лазерного излучения учитываются три спектральных диапазона.

Таблица 5.3.1 - Диапазоны лазерного излучения

Класс Опасности Лазерного Излучения			
	180□□□380 нм	380□□□1400 нм	1400□□□10^5 нм
	Диапазон		
	I	II	III
1	+	+	+
2	+	+	+
3	-	+	-
4	+	+	+

5.7 Гигиеническое нормирование лазерного излучения

Для каждого режима работы лазера и его спектрального диапазона регламентируют предельно допустимый уровень излучения. Нормируемыми параметрами с точки зрения опасности лазерного излучения являются энергия W и мощность P излучения, прошедшего ограничивающую апертуру диаметрами d_a=1.1 мм (в спектральных диапазонах I и II) и d_a=7 мм (в диапазоне II); энергетическая экспозиция H и облученность E, усредненные по ограничивающей апертуре:

$$H=W/S_a; \quad E=P/S_a \ , \qquad (5.3.1)$$

где S_a — площадь ограничивающей апертуры.

Предельно допустимый уровень лазерного излучения устанавливают для двух условий - однократного и хронического облучения. Под хроническим понимают "систематически повторяющееся воздействие, которому подвергаются люди, профессионально связанные с лазерным излучением".

Предельно допустимый уровень при этом определяют как:

1. Уровни лазерного излучения, при которых "существует незначительная вероятность возникновения обратимых отклонений в организме" человека;

2. Уровни излучения, которые "при работе установленной продолжительности в течение всего трудового стажа не приводят к травме (повреждению), заболеванию или отклонению в состоянии здоровья как самого работающего, так и последующих его поколений".

Предельно допустимый уровень хронического воздействия рассчитывают путем уменьшения в 5□10 раз ПДУ однократного воздействия.

Требования безопасности при эксплуатации лазерных изделий

Требования к размещению лазерных изделий

Размещение лазерных изделий в каждом конкретном случае производится с учётом класса опасности изделий, условий и режима труда персонала, особенностей технологического процесса, подводка коммуникаций.

Требования для класса 3Б:

Расстояние между лазерными изделиями обеспечивает безопасные условия труда и удобство эксплуатации, ремонта и обслуживания.

Рекомендуется для класса 3Б:

- Со стороны органов управления:
  - при однорядном расположении - 1,5 м;
  - при двухрядном не менее - 2,0 м;
  - с других сторон не менее - 1,0 м;

- Траектория прохождения лазерного пучка заключена в оболочку из несгораемого материала или имеет ограждение, снижающие уровень лазерного излучения к допустимому уровню и исключающие попадание лазерного пучка на зеркальную поверхность. Открытые траектории в зоне возможного нахождения человека располагаться значительно выше уровня глаз. Минимальная высота траектории 2,2 м.

- Рабочее место организовано таким образом, чтобы исключать возможность воздействия на персонал лазерного излучения или чтобы его величина не превышала допустимый уровень для первого класса;

- Рабочее место обслуживающего персонала, взаимное расположение всех элементов (органов управления, средств отображения информации и др.) обеспечивает рациональность рабочих движений и максимально учитывать энергетические, скоростные, силовые и психофизические возможности человека.

- Следует предусматривать наличие мест для размещения съемных деталей, переносной измерительной аппаратуры, хранения заготовок, готовых изделий.

Классификация условий и характера труда

По степени зашиты персонала от воздействия лазерного излучения условия и характер труда при эксплуатации лазерных изделий независимо от класса изделия подразделяются:

А) оптимальные – исключающие воздействие на персонал лазерного излучения;

Б) допустимые – уровень лазерного излучения, воздействующего на персонал, меньше предельно допустимого уровня.

В) вредные и опасные – уровень лазерного излучения, воздействующего на персонал, превышает предельно допустимый уровень. /4/

6 БИЗНЕС ПЛАН

6.1 Цель бизнес – плана

Цель проекта заключается в следующем: Разработка сети передачи данных Нуринского РУТ Карагандинской области на основе создания цифровых РРЛ.

Телекоммуникационные сети развитых стран связаны между собой с помощью международных и трансконтинентальных магистралей. Эти магистрали выполнены с использованием цифрового оборудования, и подключаться к ним можно только при наличии цифровой сети в телекоммуникациях. Создание цифровой сети в Республике Казахстан сделает возможным интеграцию в сеть телекоммуникаций мирового сообщества.

Оцифрованные магистрали, на базе которых строятся современные сети передачи информации, должны быть стандарта SDH (Synchronous Digital Hierarchy – это синхронная дискретная иерархия), определяющему основные характеристики цифровой линий связи для сети передачи данных. Эти линии связи обеспечивают передачу любых видов трафика: текста, звука, речи, изображений и видеофильмов при помощи дискретных электрических сигналов [1].

Такое положение ставит цель выбора закупать оборудование с большими возможностями. Закупка ВОЛС ОК-24 приносит экономию прямых затрат, так как дает возможность осуществлять контроль, обеспечение и техобслуживание сети через дескриптор секции SDH, поскольку системы SDH реально сокращают объем необходимого сетевого оборудования, что также дает значительную экономию с учетом всего срока службы системы.

Главной задачей, решающейся при создании многоканальной связи, будет увеличение дальности связи и числа каналов. Радиорелейные станции (РРС) используются при организации цифровых радиорелейных линий (РРЛ) телефонных каналов, каналов передачи данных, и для передачи программ теле-радиовещания. Годы эксплуатации радиорелейных линий выяснил достоинства этого рода связи, которые значительно расширяли возможности связи вообще.

6.2 Характеристика продукции

Стандарт SDH был разработан с целью более эффективного использования волоконно – оптической технологии путем сочетания современной электроники и техники программирования с целью создания телекоммуникационной системы с единственными в своем роде характеристиками скорости, гибкости, универсальности применения, увеличения мощности и стоимости. Стандартный цифровой поток предназначен для транспортирования любого вида информации в цифровой форме.

STM – 4 строится на базе цифровых каналов со скоростью передачи 64 кбит/с, которые посредством мультиплексирования объединяются в потоки с различной скоростью передачи: 2Мбит/с, 8Мбит/с,34Мбит/с. 140Мбит/с, 155Мбит/с, 622Мбит/с.

Поток каналов с любой из перечисленных скоростей магистрали при необходимости может быть выделен в промежуточном населенном пункте.

6.3 Риски предприятия

а) Ухудшение общей экономической ситуации в Республике Казахстан.

б) Недобросовестность и низкая квалификация разработчиков.

в) Резкое ухудшение технического состояния волоконно-оптической линии связи.

г) Неоплата аренды каналов со стороны арендаторов.

д) Изменение состояния рынка телекоммуникационных услуг в Республике Казахстан, неустойчивый спрос.

ж) Появление альтернативного продукта.

6.4 Анализ существующих проблем

В Нуринском районе насчитывается 36 населенных пунктов, а телефонизировано 19. Из 16 ОС, которые связаны с ЦС Киевка проводными СЛ, воздушные соединительные линии связи составляют 7 (37%). Значит , это многозатратное соедининие, которое требует постоянного обслуживания этих линий . В общей сложности ВЛС составляют 553 км. На базе ВЛС организовано 75 каналов тональной частоты.

По направлению пунктов Киевка-Изенды-Щербаковское смонтирована воздушная линия связи. Много опор износилось, часто обрываются провода. При этом приходится осуществлять очень много восстановительных работ. Вокруг населенного пункта Щербаковское, которое от ЦС Киевка находится в 110 км, еще много других не телефонизированных населенных пунктов (с. Амантау, с. Индустриальный). Кроме этого, используемые аналоговые каналы ограниченны спектром (0,3-3,4 кГц) и наличием помех, не дают обеспечить быструю скорость передачи данных нужную на данном этапе.

Беря в расчет, географическое расположение Нуринского района при учете экономического состояния района, без применения радиорелейной связи не обойтись.

6.5 Выбор оборудования

Самыми популярными РРЛ данного класса являются РРЛ, производимые компаниями ERICSSON (Mini-Link), NEC (Pasolink), Nokia (FlexiHooper) и др.

РРЛ технологии PDH весьма популярны в нашей стране по причинам:

-это еще небольшая потребность в высокоскоростных потоках данных (малый трафик);

- это отсутствие полностью развитой зональной первичной цифровой сети;

- это дешевизна РРЛ данного класса.

РРЛ по технологии PDH позволяют довести потоки малой емкости (от одного до нескольких Е1) до конечных абонентов. Этими потребителями являются местные АТС, операторы беспроводной связи, местные телекомпании, и другие. Кроме этого, обеспечивая маленький трафик, РРЛ с технологией PDH останутся оптимальным решением для производственных нужд и при решении малых задач для передачи данных.

В данной работе будет использована аппаратура PASOLINK Mx, выпускаемую NEC Corporation, для создания цифровых радиорелейных систем, она отличается большим набором преимуществ и отличительных характеристик.

Оборудование PASOLINK Mx имеет усовершенствованный интерфейс LAN, это дает возможность проектировать сеть и обеспечивать повышенный потенциал с точки зрения для новых применений. Кроме этого, все нововведения скомпонованы в малогабаритным блоке внутренней установки: IDU (блок модулятора/демодулятора для монтажа в зданиях), получившим модульную конструкцию.

Такая система устраивает возросший спрос на цифровые услуги передачи трафика и потребностям в данных, так же для передачи общих транспортных линий связи, городских, сельских, временных, частных линий связи и аварийных сетей связи.

Продолжая традиции систем PASOLINK, оборудование PASOLINK Mx спроектирована для быстрого монтажа и быстрого развертывания, одновременно обеспечивая надежность нововведений, это является отличительной чертой оборудования NEC, высокую пропускную способность, высокую степень масштабирования и экономичную эксплуатацию.

Т а б л и ц а 6.1 – Оборудование для организации РРЛ

Наименование	Кол-во	Цена, тыс. тг.	Сумма, тг.
Базовая станция (в полном комплекте)	4	16213,5	64854
Маршрутизатор	1	57648	57648
Антенна	2	48040	96080
Лицензия	1	9608	9608
Блоки наружного и внутреннего монтажа (ODU/IDU)	4	1441,2	5764,8

Ретранслятор	3	65120	195360
Итого			429314,8

Т а б л и ц а 6.2 – Штат производственных работников

Наименование должностей	Кол-во единиц	Средняя зар. Плата, тыс.тг	Итого зар. Плата в месяц, тыс.тг.
Директор	1	100	100
Бухгалтер	1	80	80
Инженер	4	60	60
Монтер	1	50	50
Оператор	4	45	45
Итого	11	335	335

6.6 - Расчет затрат по эксплуатации средств связи

Капитальные затраты определим по формуле

$$К = Ц + К_П + К_Д + К_У$$

$К_з$=429 314,8+21 465,74+34 345,184+335 000 = 820 125,724

где Ц – цена оборудования сети;

$К_П$ – стоимость перевозки оборудования до места на ж/д транспорте;

$К_Д$ – стоимость доставки оборудования с железнодорожного тупика до мест установки;

$К_У$ – стоимость монтажа и установки оборудования.

Т а б л и ц а 6.3 – Капитальные вложения на оборудование

Наименование затрат	Стоимость, тг.
1 Стоимость оборудования, (Ц)	429314,8
2 Перевозка оборудования по железной дороге, (Кп, составляет 5 процентов от стоимости оборуд.)	21 465,74
3 Установка и монтаж оборудования, (Ку, составляет 8 процентов от стоимости оборуд.)	34 345,184
Итого	485 125,724
Доп. Неучтенные расходы (10 процентов)	48 512,5724

Общая сумма затрат по эксплуатации средств связи складывается по следующим статьям:

- заработная плата штата основной деятельности;
- отчисления на социальное страхование:
- социальный налог 11% ФОТ;
- амортизационные отчисления;
- материалы и запасные части
- электроэнергия для производственных нужд;
- прочие производственные и транспортные расходы;
- прочие управленческие и эксплуатационные расходы.

Расходы по заработной плате определяются по следующей формуле:

$$ФОТ=ЗП \cdot Р \cdot 12 \qquad (5.3)$$

где ФОТ – фонд оплаты труда, тыс.тг.;
ЗП – среднемесячная заработная плата работника,
Р – штат;
12 – количество месяцев в году.
1,3 – премия 30%

ФОТ = 335 000 х 12 х 1,3 = 5 226 000 тг.

Осс = 0,11 (ФОТ-ФОТ*0,1)=0,11(5 226 000-5 226 000*0,1)= 517 374 тг.

Амортизационные отчисления составляют 25% от суммы капиталовложений

Ао=Квл·0,25=429314,8*0,25=107328,7 тг.

Расходы на электроэнергию, потребляемую аппаратурой и прочими электроприборами, определяются в зависимости от мощности аппаратуры в год и действующих тарифов на электроэнергию:

$$Сэл = W \cdot Ц \cdot N \cdot 201{,}24 \qquad (5.4)$$

где W - потребляемая мощность одного ОП в час (W=1кВт/час)
Ц - цена одного киловатта энергии (Ц=14тг/кВт)
N - количество ОП (N=8)
210,24 - количество часов в году

Сэл=1 · 8 · 14 · 210,24 = 23546,88 тенге

Прочие административно - управленческие и эксплуатационно-хозяйственные расходы составляют 15% от ФОТ:

Сауп = ФОТ · 0,15= 5 226 000 · 0,15 = 783 900 тг.

Эксплуатационные расходы представлены в таблице 5.3

Т а б л и ц а 6.4 - Эксплуатационные расходы

Статьи затрат	Сумма затрат, тг.	Процентное соотношение
1.Фонд оплаты труда	5 226 000	58,03%
2.Отчисления на социальный налог	517 374	11,61%
3.Амортизационные отчисления	107 328,7	24,56%
4.Затраты на электроэнергию	23 546,88	0,31%
5.Административно-хозяйственные расходы	783 900	5,80%
ИТОГО	6 658 149,5	100%

На диаграмме 5.1 представлено распределение затрат эксплуатационных расходов.

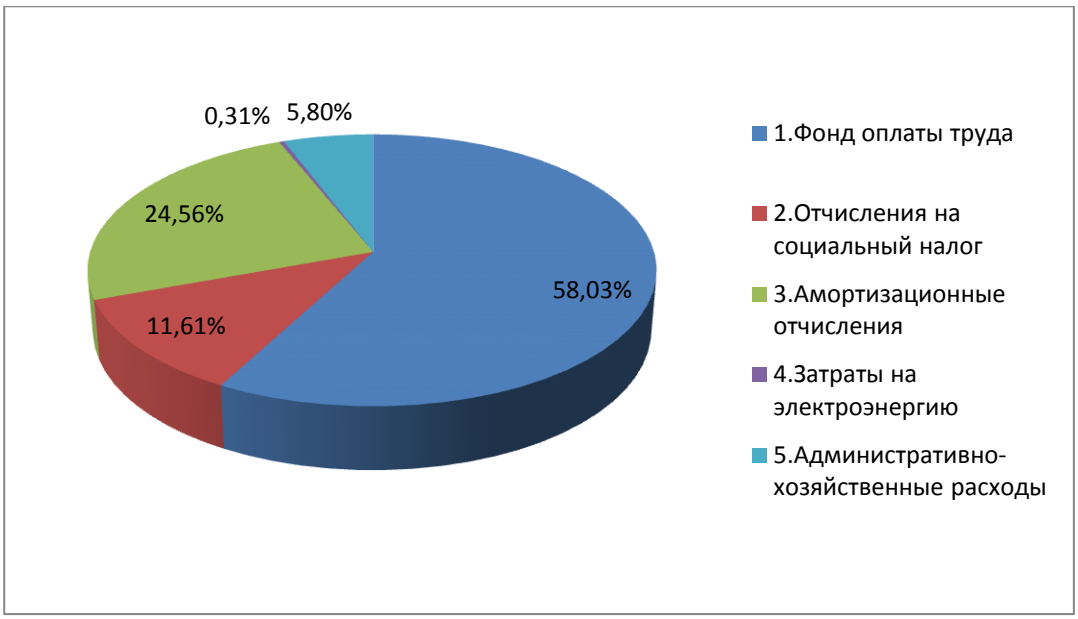

Рисунок 6.1 - Диаграмма распределения затрат

$$Досн = Q \cdot Цок \cdot k$$

где Q - количество потоков Е1, сдаваемых в аренду,
Цок – стоимость аренды потока Е1 составляет 70 000 тенге

В месяц предполагается сдача в аренду 100 потоков Е1

Цок - цена одного потока Е1 в месяц С 70 000 тенге.

$$Цок = Q \times C$$

Цок = 100 х70 000 =7 000 000

I квартал – 100 потоков Е1

$$Цок_1 = Q \times C$$

$Цок_1$ = 100 х 70 000 х 3 = 2 100 000 тенге

II квартал 100 потоков Е1

$$Цок_2 = Q \times C$$

$Цок_2$ = 100 х 1 х 3 = 2 100 000 тенге

III квартал - 100 потоков Е1

$$Цок_3 = Q \times C$$

Цок3 = 100 х 7 000 х 3 = 2 100 000 тенге

IY квартал - 100 потоков Е1

$Цок_4$= Q хС

$Цок_4$ =100 х 70 000 х 3 = =2 100 000 тенге

Тогда общая сумма доходов составит:

Досн = Цок +Цок +Цок +Цок+ Цок

Досн = 2 100 000 х 4 =8 400 000 тенге

Досн =8 400 000 тенге

Тогда прибыль от данного проекта будет равна:

$$ЧП = Досн - Эр \quad (5.6)$$

где Эр - эксплуатационных расходы, Эр= 6 658 149,5 тг.

П = 8400000 – 6 658 149,5 = 1741850,5 тг
ЧП = 1741850,5 – 20% = 1393480,4 тг

Нормативный коэффициент абсолютной экономической эффективности равен:

$$Е=ЧП/ Квл$$

Е = 1393480,4 /820125,724= 1,7

Рентабельность определяется отношением ЧП к Эр:

$$Р=(ЧП/Эр)\cdot 100\% \quad (5.7)$$

Р =(1393480,4 / 6658149,5)*100% = 20,9%

Расчет коэф. Абсолютной экономической эффективности

Е= ЧП/ Кз
Е= 1393480,4/820125,724=1,7
Срок окупаемости Т=1/Е

Т=1/1,7=0,6

Т а б л и ц а 6.5 - Экономический эффект от внедрения проекта

№	Экономические показатели	Значение
1	Капиталовложения, тг.	820125,724
2	Доход, тг.	84 00 000
3	Эксплуатационные расходы, тг.	6658149,5
4	Прибыль, тг.	1393480,4
5	Абсолютная экономическая эффективность, Е	1,7
6	Срок окупаемости, лет	0,6

Вывод: Анализируя результаты, приведенные в таблице 5.4 видно, что разработка сети передачи данных Нуринского РУТ Карагандинской области на основе создания цифровых РРЛ является экономически эффективным и рентабельным. Рассчитанные экономические показатели не превышают нормативных: срок окупаемости в данном проекте равен 0,5 года, экономическая эффективность равна 1,7.

Заключение

Сейчас из-за бурного развития цифровых технологий в телекоммуникационных сетях происходит объединение каналов передачи речевых данных, и перевод их на цифровую основу. Основной современной системой связи стала цифровая сеть. Настоящая первичная сеть базируется на основе технологии цифровой передачи информации, при этом основной цифровой аппаратурой первичной сети передачи с применением в качестве среды передачи в радиоканале стали радиорелейные линии связи (РРЛ).

При выполнении дипломной работы спроектирована цифровая радиорелейная линия связи, которая отвечает требованиям качественного обслуживания по трассе Киевка-Изенды-Щербаковское при использовании оборудованием Pasolink населением данных пунктов.

При разработке этого проекта:

- была собрана общая информация о Нуринском районе, проведен анализ действующей сети в этом районе,
- проанализированы аспекты перспектив развития цифровых радиорелейных станций, кратко дано развитие радиорелейных линии связи,
- было изучено развитие и сравнение технологий радиорелейных линий и кабельных линий связи, и их классификация,
- была поставлена задача по проектированию сети, на основе изученной и проанализированной информации.

После проведенного анализа выбрано оборудование Pasolink Mx с планом распределения частот, и проведен анализ трассы Киевка-Изенды-Щербаковское на данный день.

Проведены расчетные работы:

- рассчитано количество пролетов и выбор трассы РРЛ
- по стоимости монтажа РРЛ и ее использования которое зависит от удачного выбора трассы. Из разных вариантов трассы выбирается более дешевый и удобный при эксплуатации вариант, с меньшим количеством ретрансляторов, с наибольшей длинной пролета между ретрансляторами, с наименьшими высотами антенных опор, и расположение ретрансляторов желательно около населенных пунктов. Всего получается 3 пролета (из них 2 длинной по 44,5 км и 1 длиной 23 км).

Трасса будет смонтирована зигзагообразной, так как 3 станции нельзя ставить по одной прямой. Это позволяет исключать помехи от ретрансляторов находящихся через 3 - 4 пролета.

Далее, для определения некоторых параметров для проектирования ЦРРЛ разработана имитационная модель трассы ЦРРЛ Киевка-Изенды-Щербаковское на основе пакета программ NetCracker Профессионал 4.1.

На модели проведены следующие эксперименты: определен закон распределения трафика по телефонному тракту и передачи данных. Установлено, что поток распределяется по экспоненциальному закону.

Перечень сокращений

АМТС – автоматическая междугородная телефонная станция
АТС – автоматическая телефонная станция
АТСК – автоматическая телефонная станция координатного типа
ВЛС – воздушная линия связи
ИКМ – импульсно-кодовая модуляция
ОС – оконечная станция
ОРС – оконечные радиорелейные станции
ПРС – промежуточные радиорелейные станции
ПРД – передатчик
ПРМ – приемник
РРЛ – радио-релейная линия
РРС – радио-релейная станция
РТС – радиотехнические системы
РУТ – районный узел телекоммуникаций
ССОП – сети связи общего пользования
СПД – сеть передачи данных
СПС – сети сотовой подвижной связи
ТСОП – телефонные сети общего пользования
УПИ-АОН – устройство передачи информации абонентского номера
УС – узловая станция
УРС – узловые радиорелейные станции
ЦРСЛ – цифровые радиорелейные линии связи
ЦРСС – цифровые радиорелейные системы связи
ЦС – центральная станция
SDH (Synchronous Digital Hierarchy) – синхронная дискретная иерархия
ATM (Asynchronous Transfer Mode) – асинхронный режим передачи
IP – межсетевой протокол
ISDN (Integrated Service Digital Service) – цифровая сеть с интеграцией служб
TDM (Time-Division Multiplexing) – метод временного мультиплексирования
TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol) – протокол управления передачей/межсетевой протокол

Список литературы

1. Маглицкий Б.Н. Проектирование цифровых радиорелейных линий: Учебное пособие/СибГУТИ, г.Новосибирск. - 2006 г.

2. Конспект лекций по дисциплине "Спутниковые и радиорелейные системы передачи".

3. Атлас автомобильных дорог.

4. Маглицкий Б.Н. Низкочастотные цифровые радиорелейные станции/ СиБГУТИ. - Новосибирск, - 2006 г.

5. Радиорелейные и спутниковые системы передачи: Учебник для вузов. Под ред. А.С. Немировского. - М.: Радио и связь, 1986.-392с.: ил.

6. Яманов Д.Н. Основы электродинамики и распространение радиоволн.. Основы электродинамики. Тексты лекций.- М: МГТУ ГА, 2005. – 100 с.

7. Баскаков С.И. Электродинамика и распространение радиоволн: Учеб. пособие для вузов. – М: Высш. шк., 1992. – 416 с.