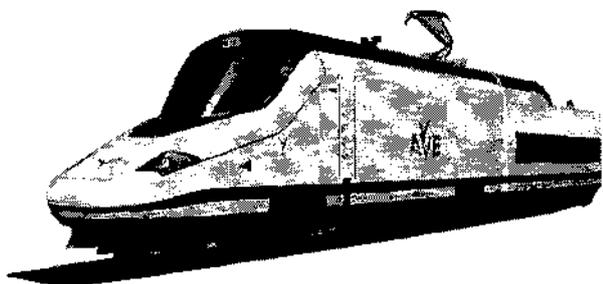


Ташкентский институт инженеров железнодорожного транспорта



Допускается к защите

Зав. кафедрой «ЭС и Р»

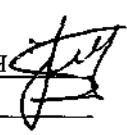
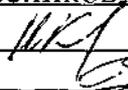
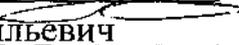
 Кадилов О.Х.

« 19 » 06 2013г.

Кафедра «Электрическая связь и радио»

Тема: Проектирование сети оперативно-технологической связи(ОТС) на
базе волоконно-оптической линии передачи

ВЫПУСКНАЯ РАБОТА

Автор Мухиддинов Нуриддин Бахтиерович 
Основной консультант Колесников
Игорь Константинович 
Консультант по охране
труда Криворучко Борис Васильевич 
Рецензент Масыров Марат Ильгизович 

ТОШКЕНТ ТЕМИР ЙЎЛ МУҲАНДИСЛАРИ ИНСТИТУТИ

Ташишни ташкил этиш ва транспорт логистикаси факультети
«Электр алоқа ва радио» кафедраси

5522200 - Телекоммуникация йўналиши ТК-28 гуруҳ

“Тасдиқлайман”
“ЭА ва Р” кафедра мудири
Кадиров О.Х.
2013 йил 12.02.

МАЛАКАВИЙ БИТИРУВ ИШИ БЎЙИЧА ТОПШИРИҚ

Талаба Мухиддинов Нуриддин Бахтиерович
(фамилия, исм, шарфи)

1. Битирув ишининг мавзуси Проектирование сети
оперативно-технологической связи (ОТС) на базе
волоконно-оптической линии передачи
« » 2013 йил кафедра мажлисида мақуллаган.
2. Битирув ишни топшириш муддати _____
3. Битирув ишни бажаришга доир бошланғич маълумотлар Общие
сведения по основным вопросам участка
проектирования
4. Ҳисоблаш – тушунтириш ёзувларининг таркиби (ишлаб чиқиладиган масалалар рўйхати)
1. Аналитические исследования проблем по теме
проекта и разработки основных решений по их
технической реализации
2. Особенности цифровых систем передачи
3. Проектирование линии связи ст. Учкудук –
ст. Мискин и особенности оптического кабеля.
4. Охрана труда.
5. Чизма ишлар рўйхати (чизмалар номи аниқ кўрсатилди)
1. Структурная схема оконечной станции
ОК-60П
2. Выделение сигнала цифрового потока
3. Пример “Закорыцовки” линии связи
на участке Учкудук Мискин

6. Битирув иши бўйича маслаҳатчи (лар)

№ т/р	Бўлим мавзуси	Маслаҳатчи ўқитувчи Ф.И.Ш.	Имзо, сана	
			Топширик берилди	Топширик бажарилди
1	Оснoвнoя чacтb	Кoлecникoв И.К		
2	Охрана труда	Криворучко В.В.		

7. Битирув ишни бажариш режаси

№ т/р	Битирув иши босқичларининг номи	Бажариш муддати (сана)	Текширувдан ўтганлик белгиси
	Введение		
1.	Аналитическое исследование важне проблем	29.03	
2.	Особенности цифровых систем передачи	26.04	
3.	Проектирование линии связи ст. Учкудук - ст. Мускин и особенности оптического кабеля	22.05	
4.	Охрана труда заключение	16.06	

Битирув иши раҳбари Колесников Игорь Константинович
(фамилия, исм, шарфи) (сана)

Топшириқни бажаришга олдим Мухиддинов Н.Б.
(фамилия, исм, шарфи) (сана)

Топшириқ берилган сана 2013 йил 12.01.

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
АННОТАЦИЯ.....	6
ВВЕДЕНИЕ.....	7
1 АНАЛИТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОБЛЕМ ПО ТЕМЕ ПРОЕКТА И РАЗРАБОТКИ ОСНОВНЫХ РЕШЕНИЙ ПО ИХ ТЕХНИЧЕСКОЙ РЕАЛИЗАЦИИ.....	8
1.1 Существующая структура сетей и характеристика средств связи на железнодорожном транспорте.....	8
1.2 Анализ состояния магистральной сети участка ст. Учкудук– ст. Мискин	
1.3 Технические данные аппаратуры К-60П.....	12
1.4 Технические данные аппаратур В-3-3 и В-12-3.....	16
1.5 Перспективы развития первичной сети связи на железнодорожном транспорте.....	20
1.6 Обоснование постановки задачи.....	23
2 ОСОБЕННОСТИ ЦИФРОВЫХ СИСТЕМ ПЕРЕДАЧИ.....	26
2.1 Системы передачи PDH, характеристика, особенности.....	26
2.2 Стандарт SDH.....	29
2.3 Выбор оборудования.....	34
3 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЛИНИИ СВЯЗИ СТ. УЧКУДУК – СТ. МИСКИН И ОСОБЕННОСТИ ОПТИЧЕСКОГО КАБЕЛЯ.....	40
3.1 Проектирование линии связи на основе SDH на заданном участке.....	. 40
3.2 Конструктивные особенности и характеристики оптических кабелей.....	44
3.3 Выбор оптимального типа ОК.....	51
3.4 Расчет основных параметров.....	56
3.5 Расчёт быстродействия ВОСП.....	62
3.6 Расчёт порога чувствительности ПРОМ.....	65

3.7 Расчёт затухания соединителей ОВ.....	68
3.8 Расчет оценки качества работы ВОЛС.....	70
3.9 Расчет длины регенерационного участка.....	74
4 ОХРАНА ТРУДА.....	80
4.1. Аттестация помещений связевых линейных станций по микроклиматическим условиям.....	80
4.1.1. Характеристики микроклиматических условий.....	82
4.1.2. Влияние микроклиматических условий на организм человека.....	82
4.1.3. Нормирование микроклиматических параметров.....	83
4.1.4. Контроль состояния микроклиматических условий.....	84
4.2. Методы и средства обеспечения нормальных микроклиматических условий.....	85
4.3 Производительность систем кондиционирования.....	86
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	87
ЛИТЕРАТУРА.....	88

АННОТАЦИЯ

В выпускной квалификационной работе посвящена модернизации обще-технологической телефонной связи на участки Сырдарья – Ташкент.

В работе были решены следующие задачи:

1. Рассмотрено существующее состояние сети ОБТС на участки Сырдарья – Ташкент;
2. Представлена техническая характеристика АТСЦ «ДХ 500 ЖТ»;
3. Рассмотрены вопросы построения сетей доступа, а также вариант применения оборудования мультисервисных абонентских концентраторов на участки Сырдарья – Ташкент, обеспечивающий мультисервисный доступ абонентов к различным сетям;
4. Рассмотрены вопросы организации связи на междугородних направлениях с использованием системы обслуживания вызовов с ограниченным ожиданием, произведен расчет временно-вероятностных характеристик и построены графики.

Дополнительно были решены задачи связанные с технико-экономическим обоснованием, охраной труда.

ВВЕДЕНИЕ

Постановлением Президента Республики Узбекистан И.А.Каримова от 21 декабря 2010 года основным приоритетным направлением признано дальнейшее ускоренное развития современных телекоммуникационных сетей сооружений, расширение сети сотовой связи и широкополосной передачи данных, поэтапный переход в регионах республики Узбекистан на цифровую связь. В связи с этим вопросы построения цифровой технологической сети коммутационной станции «МиниКом DX-500.ЖТ» является актуальным.

В выпускной квалификационной работе рассматривается проектирование сети оперативно-технологической связи (ОТС) на базе волоконно-оптических линии передач.

Создание системы ОТС вызвано необходимостью унификации технических решений, использования для взаимодействия объектов ОТС единой сигнализации, повышения надежности и обеспечения оптимальных условий технической эксплуатации аппаратных средств. В настоящее время имеется возможность организовать цифровую сеть оперативно-технологической связи с применением отечественного оборудования.

В качестве проектируемого участка взят участок Сырдарья – Ташкент.

Проектируемый участок оснащен как аналоговыми системами передач, так и цифровыми, работающими по кабельным линиям связи.

Модернизация позволит не только улучшить качество передачи, но и открывает дополнительные возможности организации оперативно-технологической связи с использованием цифровых технологий и новейшего оборудования.

Целью данной выпускной квалификационной работы является организация оперативно-технологической сети связи на участке железной дороги Сырдарья – Ташкент.

В качестве систем передачи для организации цифровой сети ОТС предлагается использовать аппаратуру «МиниКом DX-500.ЖТ». Коммутационная станция «МиниКом DX-500.ЖТ» уже широко применяется на сети железных дорог СНГ в качестве цифровых исполнительных и распорядительных станций диспетчерской связи. Помимо этого аппаратура «МиниКом DX-500.ЖТ» обладает рядом дополнительных возможностей, которые позволяют использовать ее и для организации общетехнологической связи.

В выпускной квалификационной работе помимо основной части, где рассмотрена организация оперативно-технологической связи на участке железной дороги, содержится раздел, в котором рассмотрены вопросы охраны труда и техники безопасности при обслуживании автоматических телефонных станций. В этом разделе приведен расчет защитного заземления Дома связи и рассмотрены опасные и вредные производственные факторы ЛАЗа.

1. АНАЛИТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОБЛЕМ ПО ТЕМЕ ПРОЕКТА И РАЗРАБОТКИ ОСНОВНЫХ РЕШЕНИЙ ПО ИХ ТЕХНИ- ЧЕСКОЙ РЕАЛИЗАЦИИ

1.1 Существующая структура сетей и характеристика средств связи на железнодорожном транспорте

Существующая первичная сеть связи железнодорожного транспорта Республики Узбекистан является аналого-цифровой, поэтому она должна быть в работоспособном состоянии, являясь на магистральных направлениях резервом создаваемой цифровой сети связи.

Развитие аналоговой сети должно осуществляться путем до уплотнения существующих 2-х кабельных магистралей системами К-60Т, которые обладают более широкими функциональными возможностями по сравнению с К-60П. Технической основой улучшения электрических характеристик действующих кабельных линий могут служить новые зарубежные технологии и их восстановления.

В условиях железнодорожных кабельных магистралей цифровые системы передачи подвергаются воздействию импульсных помех. Они создаются цепями - низкочастотными ОТС и линейными СЦБ, поэтому использование ЦСП на существующих кабелях с цепями СЦБ затруднено. Следовательно, необходима прокладка 3-го содержащего источника импульсных помех или исключение их с переводом помехонесущих цепей в кабель СЦБ.

Для применения ЦСП на симметричных кабелях с медными жилами используются модемы высокоскоростной цифровой передачи данных по абонентским линиям –DSL. Применение модемов по технологии DSL является одним из эффективных решений проблемы использования существующих кабелей на местных и отделенческих сетях связи для организации абонент-

ского доступа, соединительных линии между АТС и др. Наиболее распространенными типами являются модемы HDSL и ADSL, имеет ряд преимуществ перед ИКМ-30-4: примерно в 2 раза больше длины регенерационных участков, совершеннее системы эхоподавления и цифровой обработки сигналов, а также компенсации помех. При конкретном проектировании важно произвести оптимальный выбор состава оборудования по функциональным возможностям, надежности и стоимости.

Система электросвязи железнодорожного транспорта представляет собой комплекс взаимодействующих технических средств, образующих первичную сеть типовых и специальных каналов передачи и групповых трактов и построенные на ее основе вторичные сети различного назначения.

Для организации первичной сети электросвязи использованы кабельные и воздушные линии связи, уплотненные различными системами передачи.

Вторичная сеть электросвязи организована на основе каналов передачи первичной сети.

В общий комплекс вторичной сети входят отдельные сети: телефонная, телеграфная, передачи данных и телемеханики.

На основе этих функционируют отдельные специализированные системы: оперативно-технологической связи (ОТС); передачи данных; телеграфной связи;

В зависимости от назначения система ОТС подразделяется на 4 уровня: магистральный; дорожный; отделенческий; станционный.

На железных дорогах Узбекистана функционируют следующие виды ОТС:

связи совещаний (СС); дорожно-распорядительной связи (ДРС); диспетчерской связи (ДС); постанционной связи (ПС).

Для оперативного управления на участках железнодорожных линий в пределах отделений дороги организованы следующие виды проводной телефонной связи: ПДС – поездная диспетчерская; МЖС – поездная межстанци-

онная; ЛПС – линейно-путевая; ЭДС – энергодиспетчерская; ПГС перегонная связь и другие.

Для оперативного руководства технологическим процессом работы железнодорожной станций имеются: станционная распорядительная телефонная связь, стрелочная связь, информационная связь сортировочных станций, двухсторонняя парковая радиосвязь и другие.

Для организации всех вышеперечисленных видов связи используются следующие технические средства:

- кабели и провода: магистральные (МКПАБ), распределительный (ТЗПА) местные (ТПП) телефонные кабели и провода различного назначения;

- аппаратура систем передачи: аналоговая (К-60П, К-12+12 и др.), цифровая (ИКМ-30); различные мультиплексоры;

- многоканальная аппаратура тонального телеграфирования типа ТТ-48, ТТ-144 и современные модемы для передачи данных и другие;

- аппаратура автоматических телефонных станций: декадно-шаговой системы (УАТС-49 АТС-54); координатной системы (АТСКУ, АТСК-100/2000, АТСК-50/200, КРЖ и др.); квазиэлектронной системы (Квант и др.); релейной системы (ЕСК-400 и др.);

- аппаратура избирательной связи различных типов (РСДТ-1, РСДТ-4-61, ПСТ-2-60 с промежуточными пунктами);

- аппаратура связи совещаний различных типов (МСС-12-6-60, ДОСС-58, ОСС-63 и современные);

- аппаратура станционной связи дежурного промежуточной станции различных типов (КАСС-6, КАСС-ДСП), коммутатор технологической связи типа КТС-1-14;

- аппаратура поездной радиосвязи на базе радиостанций ЖР-УК-СП и РС-46м;

- стационарные и переносные радиостанции типа ЖР-У-СС и другие.

Все выше перечисленные системы оборудования связи, кроме цифровых, являются морально и физически устаревшими, в большинстве промышленностью не выпускаются и имеют низкую ремонтпригодность.

Сети ОТС, поездной радиосвязи и другие построены на групповых каналах (один для всех оперативных работников) с использованием физических проводов, подверженных к влиянию атмосферных и индустриальных помех. Кроме того, сети ОТС смонтированы на релейном коммутационном оборудовании с низкой надежностью, требует больших затрат труда на их содержание и по своим функциональным возможностям не удовлетворяет требованиям, возникающим при структурной перестройке управления.

Основной недостаток существующей ОТС – неэффективное использование каналов связи (для каждого вида ОТС свой канал связи), а также аппаратуры связи.

Применение для каждого вида ОТС отделенных устройств, их наращивание по мере появления новых видов связи привели к сосредоточению на рабочих местах большого количества разнотипных пультов и переговорных приборов, создающих сложности в эксплуатации.

По этим причинам сети ОТС обладают низким качеством связи и надежности.

Из-за недостаточного количества каналов и их низкого качества вторичные сети телефонной и телеграфной связи, передачи данных, факсимильных сообщений и ОТС не позволяют уже в настоящее время эффективно решать задачи управления железнодорожным транспортом.

Волоконно-оптические линии связи ускоренными темпами внедряются, но их доля пока еще незначительные. На сетях связи доминирует воздушные линии связи.

Во многих участках смонтированы 2-х кабельная магистраль (марки МКПАБ 7x4x1,05), которая уплотнена шестью системами К-60П. Возможности этих существующих кабелей исчерпана. В процессе эксплуатации и реконструкции железных дорог (строительство 2-х путных вставок), кабель

неоднократно повреждался, а на засоленных участках, с повышенной коррозионной активностью, металлические покровы кабеля подвергались значительным разрушениям, и его реконструкция с заменой систем уплотнения и переразбивкой усилительных участков, невозможна.

Сети телефонной и телеграфной связи, построенные на морально и физически устаревшем оборудовании, не отвечают современным требованиям и не обеспечивают качественной связи (доля отказов по вызовам на порядок выше установленных норм, а достоверность на три ниже нормы).

Таким образом, наличие большого количества ВЛС, применение аппаратуры связи на одной линии совместно с устройствами сигнализаций, централизаций и блокировки (СЦБ), структурная неоднородность сети в силу применения большого количества разнотипного оборудования и линий связи, их низкая помехозащищенность не позволяют обеспечить высокое качество каналов магистральных и дорожных сетей связи.

1.2 Анализ состояния магистральной сети участка

ст. Учкудук– ст. Мискин

Протяженность магистрали на участке составляет - 224,9 км.

На данном участке Учкудук - Мискин эксплуатируются воздушные линии связи (ВЛС) и соответственно оборудования В-12 и В-3. Количество переприемных станций (НУП)-2 всего замонтировано несколько каналов и эксплуатируется кабельное оборудование К-60П, всего замонтировано 60 каналов, из них почти все каналы задействованы. Количество переприемных участков НУП (ОУП)-3. Ниже даны краткие характеристики существующих оборудования(Рис.1).

1.2.1 Технические данные аппаратуры К-60П

Аппаратура К-60П предназначена для организации шестидесяти каналов тональной частоты на цепях симметричных кабелей МКС и МКБ. На железнодорожном транспорте ее широко используют для работы по кабелям МКП. Система связи двух кабельная однополосная, линейный спектр частот равен 12–252 кГц. Дальность передачи 12500 км.



Рис. 1.2.1 Карта участка Учкудук-Мискин

Максимальная длина переприемного участка по тональной частоте составляет 2500 км. Для обеспечения такой дальности в цепь включают обслуживаемые и необслуживаемые промежуточные усилители. Структурная схема оконечной станции ОК-60П показана на рисунке 1.2.2.

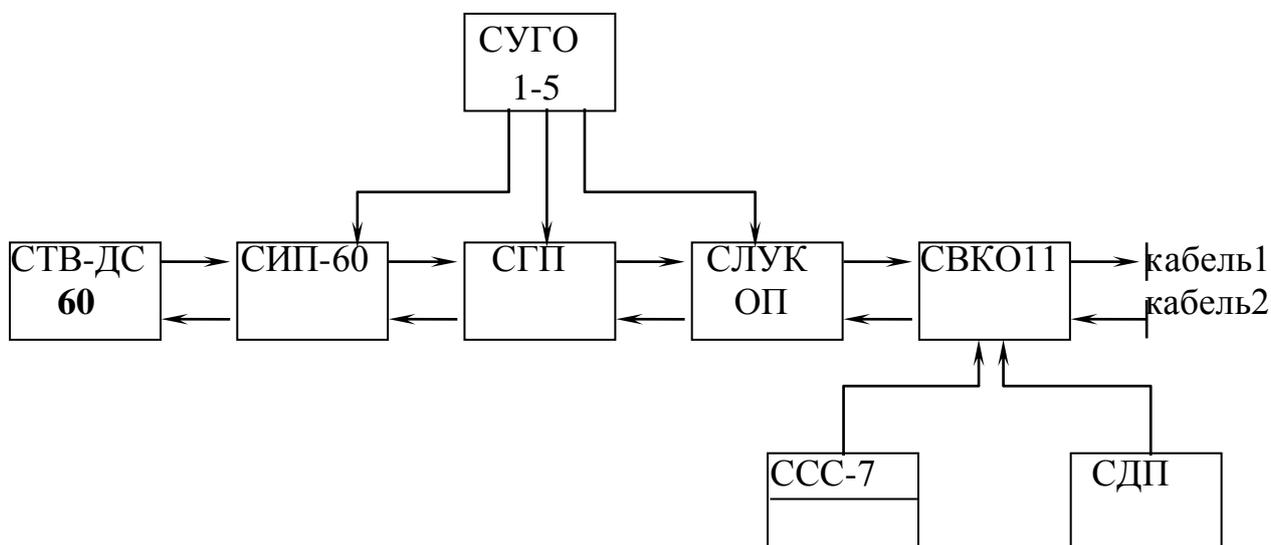


Рис. 1.2.2 Структурная схема оконечной станции ОК-60П

- СТВ-ДС-60 стойка тонального вызова и дифференциальных систем;
- СИП-60 стойка индивидуального преобразователя;
- СГП стойка групповых преобразований;
- СЛУК ОП стойка линейных усилителей и корректоров;
- СУГО-1-5 стойка унифицированного генераторного оборудования;
- СВКО-11 стойка вводно-коммутационного оборудования;
- СДП стойки дистанционного питания;
- ССС-7 стойки служебной связи.

Номинальный относительный уровень передачи в линию без предыскажения по всем каналам равен -5 дБ, с предыскажением по верхнему каналу -1 дБ, по нижнему -11 дБ. Для поддержания остаточного затухания в аппаратуре оконечных и промежуточных станций постоянным током имеются устройства автоматической регулировки усиления—АРУ. Работой устройств автоматической регулировки усиления управляют токи контрольных частот: 16 кГц – наклонная, 112 кГц – криволинейная, 248 кГц – плоская. На оконечных станциях и ОУП-3 используют трехчастотные (плоско-наклонно-криволинейные); на ОУП-2 – двухчастотные (плоско-наклонные) АРУ; на НУП – частотно-зависимую грунтовую АРУ.

Наибольшее усиление усилительных станций на высшей передаваемой частоте для ОП и ОУП составляет 61 дБ, для НУП – 55 дБ. Необслуживаемые усилительные пункты размещают вдоль магистрали в среднем через 19 км, ОУП-2 – через 250-300 км, ОУП-3 – через 500-600 км.

Оконечные и обслуживаемые усилительные пункты имеют местные источники электропитания, НУП получают электропитание дистанционно с ОУП или ОП.

Наибольшее число НУП между ОУП (ОП) при организации дистанционного питания по системе провод-земля равно 12, по системе провод-провод – 6.

Для уменьшения взаимных помех между каналами систем, работающих на параллельных цепях в одной четверке кабеля, в системе передачи предусмотрены два варианта линейного спектра частот. В дополнительном варианте применена инверсия спектров.

Дополнительные данные К-60П:

- номинальное затухание усилительного участка на частоте 252 кГц при максимальной температуре грунта, дБ 51
- разность затуханий контура постоянного наклона в цепи ООС на частотах 247 и 17 кГц, дБ 13
- разность затуханий линейных выравнителей на частотах 247 и 17 кГц, дБ 17.0; 18.6; 20.2; 22; 23.6; 25
- затухание линейных выравнителей на частоте 252 кГц, дБ 1
- затухание двух линейных трансформаторов, дБ 1
- магистральные выравнители:
 - 1) расстояние между ними, км 60-8
 - 2) затухание на частоте 252 кГц, дБ 3
- искусственные линии:
 - эквивалентная дина кабеля, км 3; 6
 - 1) затухание, дБ, на частоте 252 кГц: ИЛЗ 7.4
 - ИЛ6 14.9
 - ИЛЗ-ИЛ6 22.3
 - 2) затухание, дБ, на частоте 12 кГц ИЛЗ 2.2
 - ИЛ6 4.3
 - ИЛЗ-ИЛ6 6.5
- пределы изменения усиления грунтовой АРУ при изменении температуры
 - на 20°C (от -2 до + 18°C, от -10 до +10°C, от +10 до + 30°C), дБ; для

кабеля МКС	
на частотах: 12 кГц	1
252 кГц	2.1
- пределы регулировки АРУ по контрольным частотам, дБ:	
1) для усилителей с двухчастотной АРУ:	
плоская (248 кГц)	± 4
наклонная (12 кГц)	± 3.5
2) для усилителей с трехчастотной АРУ:	
плоская (248 кГц)	± 4
наклонная (12кГц)	± 3.5
криволинейная (80кГц)	± 3.5
- погрешность частотных АРУ, дБ	± 0.5
- погрешность температурной АРУ, дБ	± 0.2
- максимальное усиление усилительных станций на частоте 252 кГц	
при максимальном положении регуляторов АРУ, дБ:	
1) для НУП	55
2) для ОУП, ОП61
- минимальное усиление усилительных станций на частоте 252 кГц, дБ:	
1) для НУП45
2) для ОУП, ОП49
- средняя психофотметрическая мощность шумов, пВт, в точке с нулевым	
относительным уровнем, вносимых в каналы ТЧ системы:	
линейным трактом при дальности передачи 2500 км	7500
оборудованием двух оконечных станций с НЧ окончанием каналов	
и оборудованием транзита по НЧ	500
оборудованием транзита по ВЧ (по первичным группам)	200
- оборудованием выделения каналов (на 4, 12 и 24 канала) в тракт:	
прямого прохождением.30
выделения и введения четырех каналов350
- уровень мощности собственных шумов в спектре одного канала ТЧ	

(248-252 кГц), приведенный по входу линейного усилителя, дБ:	
НУП и ОУП-2	-132
ОУП-3 и ОП	-129

1.2.2 Технические данные аппаратур В-3-3 и В-12-3

Аппаратура системы В-3-3 представляет собой модернизированный вариант аппаратуры В-3 и предназначена для уплотнения стальных воздушных цепей или цепей из цветных металлов (ЦМ) в спектре частот 4-31 кгц. В спектре частот ниже 4 кгц по той же цепи может быть организован или канал тч (с шириной полосы 0,3-2,4 кгц при цепи ЦМ или 0,3-2,0 кгц при стальной цепи) или канал двухполосной связи ДПС, рассчитанный для работы в спектре частот 0,3-2,94 кгц. Этот канал может быть использован или для служебной телефонной связи, или для вторичного уплотнения шестью двойными каналами тонального телеграфа с частотной модуляцией.

Любой основной телефонный канал может быть занят для работы тонального телеграфа с организацией 12-17 двойных телеграфных каналов. Помимо этого, по любому телефонному каналу может быть организована одновременная работа одного двойного канала тонального телеграфа и телефонной связи за счет использования части полосы эффективно передаваемых частот канала (фильтры для отделения выделяемой части спектра канала 2500 ÷ 3400 гц в состав аппаратуры В-3-3 не входят). Каналы основной системы, которые далее будем называть каналами вч, также можно использовать для работы фототелеграфа или передачи дискретных сигналов (необходимые при этом устройства для корректирования фазовой постоянной в состав аппаратуры В-3-3 не входят). Наконец, при объединении каналов вч при помощи аппаратуры АВ-2/3 может быть осуществлена передача вещательных программ по сдвоенному каналу. Полоса эффективно передаваемых ча-

стот по каждому каналу вч лежит в спектре $0,3 \div 3,4$ кГц, а по каналу ДПС – в спектре $0,3 \div 1,5$ кГц.

Чтобы облегчить условия работы аппаратуры на параллельных цепях, провода которых подвешены на опорах общей столбовой линии, предусмотрены четыре варианта линейного спектра частот. Эти варианты отличаются друг от друга инверсией несущих частот или сдвигом частотных полос каналов.

В системе В-3-3 применяется тональный вызов с частотой 2100 гц по каналам вч и с частотой 800гц по каналу ДПС.

1.3 Перспективы развития первичной сети связи на железнодорожном транспорте

Первичная сеть связи ГАЖК «Ўзбекистон темир йўллари» является основой любой системы связи и определяет ее главные качественные характеристики: надежность, управляемость, пропускную способность и технико – экономические показатели. Для железнодорожной отрасли необходимо осуществлять построение первичной сети, в первую очередь, из принципа надежности. Но необходимо, чтобы и экономические показатели были в допустимых пределах. Естественно, что в качестве основы для первичной сети связи необходимо выбрать цифровые технологии. Они существенно превосходят своих аналоговых оппонентов, благодаря высокому уровню унификации, интеграции технических средств и открытости системы.

Одной из основных особенностей построения цифровой первичной сети ГАЖК «Ўзбекистон темир йўллари» является то, что по одной и той же линии передачи, проложенной вдоль полотна железной дороги, одновременно организуются все виды магистральных, региональных и отделенческих связей. Поэтому по сети связи железных дорог первоначально предполагается введение цифровой техники на уровне магистральной связи и последова-

тельное ее внедрение через региональные узлы до отделенческих узлов – стратегия «сверху вниз».

При стратегии «снизу - вверх» цифровизация вводится сначала на отделениях перевозок и постепенно передвигается на более высокие уровни. Есть и промежуточный вариант, при котором цифровизация применяется там, где потребность в ней максимальна, а применение аналогового оборудования минимально, т.е. на участках оборудованных воздушными линиями связи.

Для обеспечения цифровизации существующей аналоговой первичной сети на всех уровнях должна быть создана наложенная цифровая первичная сеть, являющаяся самостоятельной сетевой структурой. В этом случае резко сокращаются эксплуатационные расходы.

Существующая аналоговая первичная сеть должна развиваться путем реконструкции кабельных линий связи на основе медных жилей, с заменой аналоговых систем связи на цифровые, а также путем уплотнения свободных пар симметричных медных кабелей цифровыми системами передачи. По мере цифровизации существующая аналоговая первичная сеть планомерно перерастет в аналого-цифровую, а затем и в цифровую.

Взаимодействие цифровой и аналоговой первичных сетей, до полного образования цифровой, будет основываться на возможности организации цифровых каналов и трактов по аналоговым системам и аналоговым каналам и трактов по цифровым системам передачи. Узлы и станции сети должны быть оснащены цифро-аналоговыми и аналого-цифровым оборудованием для соответствующего преобразования каналов и трактов.

При таком подходе на начальном этапе эксплуатационные расходы растут за счет появления аналогово-цифровой системы, а затем плавно уменьшаются за счет полного перехода на цифровую систему передачи. Однако эксплуатационные расходы на кабельной линии связи, построенной на основе симметричных медных кабелей, сохраняется, а содержание воздушной линии связи увеличивается с каждым годом за счет удорожания материалов и дефицита элементной базы аналоговой аппаратуры системы передачи. Так как

элементной базы аналоговой аппаратуры за рубежом производится в ограниченном количестве под «заказ» и не рентабельно.

Построение цифровой сети ГАЖК «Ўзбекистон темир йўллари» с использованием технологии SDH необходимо осуществлять на магистральном уровне, используя стратегию «наложения». Это позволит создать качественно новую сеть, оптимальную по структуре, управлению и возможностям ее дальнейшего развития.

Развитие местных сетей целесообразно осуществлять на базе технологий PDH на ВОЛС и существующих кабельных линиях связи, используя стратегию «замещения» аналоговых систем на цифровые. Для этого на существующих линиях связи необходимо использовать специальные технологии, например xDSL.

Местная цифровая первичная сеть организуется на волоконно-оптических, медных кабельных, радиорелейных линиях передачи, оборудования HDSL и МП. По каналам передачи и физическим цепям первичной сети с помощью узлов и станций коммутации организуются оперативно – технологическая (ОТС), передачи данных (СПД) и обще технологическая (ОбТС) связи.

Развитие первичной сети связи ГАЖК «Ўзбекистон темир йўллари» должно основываться на следующих основных принципах:

- первичная сеть должна быть цифровой на всех уровнях (магистральной, региональной, отделенческой и местной);
- необходимо организовывать линии передачи только на основе стандартных цифровых каналов (ОЦК и ПЦК) и групповых трактов;
- первичная сеть должна быть «открытой» системой, чтобы имелась возможность (система доступа) ее использования для любых вторичных сетей;
- топология первичной сети должна быть оптимальной для всех вторичных сетей, в том числе и с точки зрения их постепенной интеграции;

- первичная сеть должна иметь возможность существенного расширения пропускной способности;
- первичная сеть должна иметь систему управления для поддержки заданных показателей надежности и качества функционирования.

Данные принципы необходимы для того, чтобы создать оптимальную топологию первичной сети, потому что цикл жизни первичной сети превышает аналогичный период вторичной сети и необходимо учесть будущее развитие вторичных сетей. Строительство ВОЛС на одном из важных железнодорожных направлений казахстанской сети дорог, прежде всего, обеспечит техническую возможность практически безотказного пропуска информационных потоков между центром управления работой транспорта ГАЖК «Ўзбекистон темир йўллари» и его региональными подразделениями на востоке, юге и западе.

Дальнейшее использование существующих устройств связи не только тормозит внедрение прогрессивных автоматизированных технологий, но уже на современной этапе не гарантирует бесперебойное движение поездов из-за участвовавших отказов аппаратуры.

Кроме того, низкое качество информации, передаваемой по существующим сетям связи, значительно повышает затраты времени на сбор оперативных и периодических данных, необходимых для управления транспортными потоками и анализа эксплуатационной деятельности отрасли.

Внедрение автоматизированных систем управления, предпосылки для которого создает строительство ВОЛС, обеспечит снижение текущих затрат по содержанию устройств связи за счет экономии эксплуатационного контингента.

Наличие высокоскоростной ВОЛС с высокой пропускной способностью позволит осуществить автоматизацию основных рабочих мест на направлении Учкудук-Мискин и тем самым качественно изменить уровень эксплуатационной деятельности.

Одним из главных итогов автоматизации эксплуатационной деятельности следует считать повышение контроля за безопасностью движения поездов и других производственных процессов на транспорте.

Строительство ВОЛС, проходящей на большом протяжении вдоль основных международных транспортных коридоров республики, повысит их информационную обеспеченность и создаст предпосылки для внедрения систем слежения за продвижением грузов – неременного условия современного транспортного сервиса. Это повысит конкурентоспособность казахстанских маршрутов на мировом рынке транспортных услуг и явится одним из факторов привлечения перевозок на эти направления.

Проходя по территории региона с интенсивным развитием промышленности и высокой плотностью городского населения, проектируемая ВОЛС окажет благоприятное влияние на развитие телекоммуникационных систем в зоне ее тяготения, расширяя информационное пространство и обеспечивая высокое качество и надежность средств связи.

Таким образом, строительство ВОЛС Учкудук-Мискин по своей значимости не ограничивается транспортной отраслью, а создает предпосылки для мощного информационного прорыва одного из наиболее развитых промышленных регионов Республики, что определяет ее высокую экономическую эффективность не только для железнодорожной отрасли, но и для хозяйственного комплекса Республики в целом.

Эффективность системы управления многоотраслевым хозяйством ГАЖК «Ўзбекистон темир йўллари» в значительной мере определяется информационными возможностями систем связи. Качественные и количественные характеристики связи существенно влияют на экономические показатели работы отрасли в целом. Связь пронизывает всю отрасль на всех уровнях, включая отдельные предприятия, фактически обеспечивая жизнедеятельность железной дороги. В связи со структурной перестройкой управления железнодорожным транспортом Республики Узбекистан, мировой тенденцией развития средств связи предлагается создание наложенной связи на

основе волоконно-оптических, спутниковых линий связи и цифрового коммутационного оборудования.

Телекоммуникационная сеть железной дороги должна обеспечивать поддержку всех вторичных технологических сетей связи, сети «Единый диспетчерский центр управления», ЕДЦУ сети оперативно-технологической связи (ОТС), общетехнологической связи, транкинговой сети, радионавигационной сети слежения за подвижным составом. Сеть должна обеспечивать эффективное коммерческое использование своей свободной емкости, предоставляя услуги цифровой сети населению и юридическим лицам. При организации качественной цифровой сети главных направлений железной дороги можно надеяться на переход банковских и других организаций в более привлекательную государственную сеть телекоммуникационную сеть из аналогичных коммерческих сетей.

В соответствии с видами услуг, необходимых пользователям, сеть может быть представлена тремя различными уровнями:

- Первичный (нижний) уровень в архитектуре сети представлен цифровой первичной транспортной сетью. Он будет реализован с использованием оборудования волоконно-оптического кабеля, использующего последние достижения в технологиях SDH и волоконной оптики. Транспортный уровень используется для переноса всех существующих и будущих протоколов независимо от их типа путем упаковки их в ячейки АТМ.

- Второй уровень, представляющий голосовую (телефонную) связь будет обеспечиваться цифровыми телефонными станциями городского и учрежденческого типа.

-Третий уровень обеспечит передачу данных и мультимедиа. Эти услуги будут обеспечены семейством систем широкополосной пакетной коммутации, таких как АТМ коммутаторы и мультипротокольные пакетные коммутаторы.

Услуги связи развиваются в 2-х направлениях:

-Услуги сотовой и персональной сетей связи;

-Услуги мультимедиа, объединяющие в одном терминале пять видов информации: речь, текст ,данные, неподвижное изображение, видео.

Для управления сетью должны быть следующие службы:

- маркетинга;
- управление сервисом;
- управление каналами, и трактами;
- управление комплексом технических средств.

Службы маркетинга и управления сервисом должны быть созданы вновь, а управление каналами, трактами и комплексом технических средств требуют коренной реконструкции.

Наличие высокоскоростной волоконно-оптической систем передачи на основе SDH с высокой пропускной способностью позволит осуществить автоматизацию основных рабочих мест транзитных коридоров и тем самым качественно изменить уровень эксплуатационной деятельности. Это не только повысит производительность труда, но и обеспечит более эффективное использование подвижного состава, создает условия для повышения эффективности маркетинговой деятельности по привлечению на транспорт дополнительных грузопотоков за счет организации непосредственной связи с клиентами по планированию и оформлению перевозок.

Одним из главных итогов автоматизации эксплуатационной деятельности следует считать повышение контроля за безопасностью движения поездов и других производственных процессов на транспорте, что позволит предотвратить возникновение чрезвычайных ситуаций.

Перспективным направлением является организация связи на международном уровне между железными дорогами Казахстана, России, Кыргызстана, Таджикистана, Туркмении и Китая по обмену информации, связанной с учетом перехода поездов, вагонов и контейнеров через границу.

На пунктах стыковки организованы таможенные, пограничные и другие службы, которые заинтересованы в использовании высоконадежных каналов для связи с центральными органами.

В соответствии с исследованиями возможности использования ВОЛС для нужд телекоммуникационного обслуживания региона определен потенциальный сектор коммерческого использования проектируемой линии, основу которого составляет:

-международный и внутризональный конечный график для операторов сотовой, транкинговой и Глобальной сети Интернет, которая растет значительно более быстрыми темпами, чем связь по телефонным каналам;

-организация контроля продвижения грузов по автомобильному транспортному коридору, а также информационного обеспечения водителей автотранспортных средств (информация о погодных условиях по трассе, наличии аварийных ситуаций и так далее);

Таким образом, строительство ВОЛС транзитных коридоров трансазиатской железной дороги по своей значимости не ограничивается транспортной отраслью, а создает предпосылки для мощного информационного прорыва одного из наиболее развитых промышленных регионов республики, что определяет ее высокую экономическую эффективность не только для железнодорожной отрасли, но и для хозяйственного комплекса страны в целом.

Строительство ВОЛС транзитных коридоров предусматривает в первую очередь цифровизацию первичной магистральной сети и должно осуществляться одновременно с внедрением цифрового коммутационного оборудования узел связи крупных железнодорожных станций, обеспечивая на этих уровнях реализацию новой структуры вторичных цифровых сетей. При этом ВОЛС должна использовать сетевые узлы и оборудования существующей первичной сети. Немаловажную роль играет реструктуризация сферы телекоммуникаций в нашей Республике.

1.4 Обоснование постановки задачи

Известно, что оборудования В-12 и В-3 не отвечают к современным требованиям, так как уплотненные ВЛС подвержены к атмосферно-

климатическим условиям, невозможно по ним организовать высокоскоростную связь. Все эти существенные недостатки ВЛС требует незамедлительной замены. Применяемые в настоящее время цифровизация кабельных линии в данном случае не пригодны. Так как нигде не практиковалась цифровизация ВЛС. Что касается кабельных систем и линий, то в настоящее время оборудование К-60П не выпускается, т.е. отсутствует ремонтная база. Остается один вариант: применение ВОЛС. Учитывая, опыт ГАЗК ЁТЙ и сравнивая аналогичные ситуации, считаем применение ОК эффективны. Поэтому в настоящем дипломном проекте предлагается прокладка оптического кабеля с внедрением современного цифрового оборудования. Это связано с преимуществом ВОЛС перед кабельными линиями с медными жилами : высокая надежность и помехозащищенность, большая скорость передачи информации, большая пропускная способность, возможность различные варианты подвески и прокладки в зависимости от условий эксплуатации.

Капитальные удельные и эксплуатационные затраты на один канал/км при строительстве ВОЛС, по сравнению с медной магистральной линии связи при уплотнении аналоговыми системами К-60П, организующими каналы тональной частоты низкого качества, в 3 раза ниже. Стоимость волоконно-оптического кабеля (ВОК) сопоставима, в ряде случаев ниже стоимости магистрального симметричного медного кабеля.

При этом ВОК изготавливаются с требуемыми заказчиком конструктивными и механическими характеристиками под конкретные условия подвески, прокладки и эксплуатации. Данный факт свидетельствует о том, что дальнейшее развитие первичной магистральной сети с медными жилами на аналоговых системах нецелесообразно.

Оптоволоконная технология и системы передачи на основе SDH поднимают первичную магистральную сети связи на качественно новый, значительно более высокий уровень развития. Это и надежный высокочастотный канал, вторичные сети связи с существенным расширением спектра новых услуг, цифровые телекоммуникационные сети, действующие в реальном

масштабе времени, автоматизированный центр управления перевозками и другие глобальные проекты, осуществление которых в настоящее время на железнодорожном транспорте возможно только при строительстве ВОЛС. Впервые ЦСП первой ступени иерархии были разработаны в США и предназначались для передачи 3х сигналов ТЧ (ИКМ-24). Скорость передачи цифрового потока в линейном тракте составляла 1544 кбит/с, вслед за США система такого же типа была разработана в Японии. В результате в основу американской - японской иерархии легла система на 24 телефонных канала. Однако эти системы, в отличие от разработанных в США и Японии, предназначались для организации 30 каналов и имели скорость передачи цифрового потока в линейном тракте 2048 кбит/с. Система такого типа легла в основу другой (европейской) иерархии ЦСП.

Цифровые иерархии были разработаны в начале 80-х годов. В Европе и Южной Америке, в качестве принятой была выбрана скорость 2048 Кбит/с (формально $n=32$, фактически $n = 30$, т.е. в качестве информационных используется тридцать или информационных каналов 64 кбит/с плюс два канала сигнализации и управления по 64 кбит/с). Это дало последовательность E1-E5(30,120,480, и далее) и вошло в основу иерархии плезиохронной-PDH соответственно и системы передачи ИКМ-30.

Общая схема канала передачи с использованием технологии PDH даже в самом простом варианте топологии сети "точка - точка" на скорости 140 Мбит/с должна включать три уровня мультиплексирования на передающей стороне (для ЕС, например, $2 \rightarrow 8$, $8 \rightarrow 34$ и $34 \rightarrow 140$) и три уровня демultipлексирования на приемной стороне, что приводит к достаточно сложной аппаратурной реализации таких систем, однако существенное удешевление цифровой аппаратуры за последнее десятилетие использование оптоволоконных кабелей в качестве среды передачи PDH сигнала привели к тому, что системы цифровой телефонии с использованием технологии PDH получили значительное распространение. Эти системы позволили транспортировать большое количество каналов цифровой высококачественной телефонной связи.

Например, один канал 140 мбит/с эквивалентен 1920 ($30 \times 4 \times 4 \times 4 = 1920$) каналам 64 кбит/с, которые в первую очередь использовались для передачи речи, но могут быть использованы, в частности, для передачи данных.

С использованием современных методов ИКМ (например дифференциальной ИКМ - ДИКМ) можно использовать скорость 32 кбит/с для передачи одного речевого канала, что приводит к схемам каналов T1 или E1, несущих 48 или 60 каналов. PDH системами стали пользоваться для передачи данных, используя главным образом каналы 64 кбит/с с протоколом пакетной коммутации X.25. Однако в последствии обнаружилось ряд недостатков PDH:

- добавление выравнивающих бит делает невозможным идентификацию и вывод, например, потока 64 мбит/с или 2 мбит/с, "зашифтого" в поток 140 мбит/с, без полного демультиплексирования, поэтому при наличии многих пользователей, требующих ввода/вывода исходных (например, 2 мбит/с) потоков, для аппаратурной реализации сети требуется чрезмерно большое количество мультиплексоров, эксплуатация сети становится экономически невыгодной;

- другое узкое место технологии PDH - слабые возможности в организации служебных каналов для целей контроля и управления потоком, практически полное отсутствие средств маршрутизации мультиплексированных потоков, что крайне важно для использования передачи данных.

Указанные недостатки PDH привели к созданию синхронной цифровой иерархии SDH, предложенной для использования на волоконно-оптических линиях связи (ВОЛС).

Линейные сигналы SDH организованы в синхронные транспортные модули STM. Первый из них - STM-1 - соответствует скорости 155 мбит/с. Каждый последующий образуется побайтным синхронным мультиплексированием и имеет скорость в 4 раза большую, чем предыдущий; STM-4 - 622 мбит/с, STM-16 - 2438 мбит/с.

В сети SDH используется принцип контейнерных перевозок: подлежащие транспортированию сигналы предварительно размещаются в стандартных.

Важной особенностью аппаратуры SDH, отличающей ее от аппаратуры предшествующих поколений, является отсутствие жесткого разделения на аппаратуру линейного тракта, преобразовательную, аппаратуру оперативного переключения контроля и управления. Все эти средства интегрированы.

Аппаратура SDH является программно управляемой, что обеспечивает гибкость, упрощает эксплуатацию и развитие сетей.

Для обеспечения высокой надежности в аппаратуре SDH используют различные виды резервирования. Как правило, блоки питания и другие важнейшие дублируются. В результате коэффициент "простоя аппаратуры SDH в расчете соединения имеет порядок 10^{-5} . Кроме того, встроенные средства контроля и управления облегчают и ускоряют обнаружение неисправностей и переключение на резерв.

Для увеличения надежности и живучести сети разработана концепция построения самозалечивающихся сетей на основе SDH.

TMN является очень важной частью сети SDH, которая непосредственным образом влияет на показатели надежности, экономичности, удобства и технологичности обслуживания.

Преимущество управляющих решений, заложенных в TMN, объясняется тем, что они опираются на модель взаимодействия открытых систем, стандарты и унифицированные интерфейсы. TMN снижает стоимость выполняемых операций через стандартизацию процедур управления на уровне услуг. Прикладные системы, использующие стандартные программные компоненты, требуют меньших на дополнительное программирование и снижают затраты на их разработку.

Наряду с этим TMN определяет управляющие протоколы, управляемые интерфейсы, которые необходимы для обеспечения унифицированного

доступа к сетевой управляющей информации. Это также сокращает время и затраты на разработку прикладных управляющих систем за счет использования средств высокого уровня как прикладные базовые структуры, средств на основе языков описания структур и общих управляющих услуг. Стандартизированная природа определений интерфейсов позволяет ускорить разработку и внедрение новых услуг.

Первые три уровня рассматриваются как техническое управление, а два последних (высших) - как административное.

На низшем уровне управления находятся элементы сети (мультиплексоры, кросс-коннекторы и другие виды оборудования). Каждый элемент современных сетей управляется, контролируется и диагностируется с помощью встроенных микропроцессоров и специализированного программного обеспечения. Такое оборудование предназначено для использования в сетях по программе TMN, но не может работать и самостоятельно без TMN. Аппаратура любой фирмы имеет интерфейсы к системе TMN, местному терминалу и стоечные сигнализации.

Простейшим способом самозалечивания является резервирование по схеме 1+1 при соединении "точка-точка". В этом случае два пункта соединяются между собой двумя кабелями по географически разнесенным трассам. Каждый сигнал передается одновременно по обоим трассам, а на приемном конце осуществляется автоматический контроль поступающих сигналов и выбор лучшего из них.

SDH позволяет организовать универсальную транспортную систему, охватывающую все участки сети и выполняющую функции как контроля, так управления.

SDH обеспечивает в произвольном пункте железной дороги доведение до пользователей цифровых потоков 64-2048 кбит/с, цифровой доступ по сетям передачи данных, цифровой доступ по каналу ISDN, аналоговый доступ по двух и четырех проводным линиям.

Одна из основных задач ЦСП - выделение тактовой частоты, что определяет выбор линейного сигнала, так как от него зависит принципиальная возможность регенерации сигналов.

Синхронизация по тактовой частоте обеспечивает равенство скоростей обработки сигналов на передаче и приеме в оборудовании PDH, SDH.

Система синхронизации должна обеспечивать синхронную передачу первичных цифровых потоков 2-048 мбит/с и, соответственно, всех компонентных сигналов с более низкими скоростями; она должна быть привязана к соответствующим уровням системы ТСС взаимоувязанной сети связи (ВСС).

В тех случаях, когда невозможно питать ведущие узлы от эталонных генераторов ВСС, необходимо устанавливать собственное генераторное оборудование должно быть увязано с ТСС ВСС.

В перспективе система поддержки телекоммуникационного управления сетей должна полностью удовлетворять принципам открытости, модульности масштабируемости.

2 ОСОБЕННОСТИ ЦИФРОВЫХ СИСТЕМ ПЕРЕДАЧИ

2.1 Системы передачи PDH, характеристика, особенности

На современных сетях эксплуатируются как системы плезиохронной, так и системы синхронной цифровой иерархии.

Стандарт PDH – плезиохронная цифровая иерархия. Иерархия, рекомендованная для цифровых систем передач, чем-то похожа на иерархию календаря. Для этого необходимо было выбрать некоторую единицу измерения "электронную" скорость цифрового потока, единую для всех стран и предприятий, выпускающих аппаратуру систем передач и позволяющую измерять скорость суммарных цифровых потоков. Такой "единичной" скоростью во всем мире является скорость передачи цифровой речи, равная 64 Кбит/с. Канал, в котором передаются со скоростью 64 000 бит/с, получил название основного цифрового канала. Возможности любой цифровой системы передачи оцениваются числом организованных с ее помощью именно таких стандартных каналов.

Объединение потоков с выравниванием скоростей получило название плезиохронного (почти синхронного), а существующая иерархия скоростей передачи цифровых потоков, а значит и систем передачи типа ИКМ (им-

пульсно-кодовой модуляции) – плезиохронной цифровой иерархией (в англоязычном написании Plesiochronous Digital Hierarhi, PDH).

Плезиохронная цифровая иерархия была разработана в начале 80-х годов. На эту иерархию возлагались большие надежды, но она оказалась очень не гибкой, чтобы вводить в цифровой поток "несущийся" с высокой скоростью или выводить из него низкоскоростные потоки, необходимо полностью "расширять", а затем снова "сшивать" высокоскоростной поток. Это требует установки большого числа мультиплексоров и де мультиплексоров. Ясно, что делать эту операцию часто весьма дорого.

Система PDH использует принцип плезиохронного мультиплексирования, согласно которому для мультиплексирования, например, 4-х потоков E1 (2048 Кбит/с) в один поток E2 (8448 Кбит/с) производится процедура выравнивания таковых частот происходящих сигналов методом стаффинга. В результате при мультиплексировании необходимо производить пошаговый процесс восстановления исходных каналов. Например, во вторичных сетях цифровой телефонии наиболее распространено использование потока E1. При передаче этого потока по сети PDH в тракте E3 необходимо сначала провести пошаговое мультиплексирование E1-E2-E3, а затем пошаговое демultipлексирование E3-E2-E1, в каждом пункте выделения канала E1. Это очень крупный недостаток аппаратуры PDH – из-за увеличения количества необходимого оборудования для выделения одного-двух потоков. Первичный цифровой канал E1 объединяет 32 канала DSO, из которых один DSO используется для кадровой синхронизации, другой - для сигнализации. Кадр этого потока состоит из 32 канальных интервалов по 8 бит каждый. Частота следования кадров 8 КГц, что дает скорость потока $32*8*8=2048$ Кбит/с.

Суть основных недостатков PDH заключается в том, что добавление выравнивающих бит делает невозможным идентификацию и вывод, например, потока 64 Мбит/с или 2 Мбит/с "зашитого" в поток 140 Мбит/с без полного демultipлексирования или "расшитого" этого потока и удаления выравнивающих бит. Одно дело "гнать" поток междугородных или международных

телефонных разговоров от одного телефонного узла к другому "смешивая" и "расшивая" их достаточно редко. Другое дело – связывать несколько банков и / или их отделение с помощью PDH сети. В последнем случае часто приходится либо выводить поток 64 Кбит/с или 2 Мбит/с из потока 140 Мбит/с, чтобы завести его, например, в отделение банка, либо наоборот выводить поток 64 Кбит/с или 2 Мбит/с из банка для ввода его обратно в поток 140 Мбит, осуществление такой ступени ввод\вывод приходится проводить достаточно сложную операцию трехуровневого демультиплексирования ("расшивая") PDH сигнала с удалением\добавлением выравнивающих бит (на всех трех уровнях) и его последующего трехуровневого мультиплексирования ("сшивая") с добавлением новых выравнивающих бит.

Схема такой операции для одного пользователя (с потоком 2 Мбит/с) показана на рисунке 2.1. При наличии многих пользователей, требующих ввода\вывода исходных (2 Мбит\с) потоков для аппаратурной реализации сети требуется чрезмерно большое количество мультиплексоров, в результате эксплуатация сети становится экономически не выгодной.

Другое узкое место технологии PDH – слабые возможности в организации каналов для целей контроля и управления потоком в сети и практически полное отсутствие средств маршрутизации низовых мультиплексированных потоков, что крайне важно для использования в сетях передачи данных. Обычно для целей последующей идентификации и сигнализации поток разбивается на группы тайм-слотов, или фреймы, из которых затем komponуются группы из нескольких фреймов или мультифреймы. Последние, давая возможность идентифицировать на приемной стороне отдельные фреймы, снабжаются дополнительными битами циклических помехоустойчивых кодов и используемых систем сигнализации. Однако эти средства слишком слабы.

В связи с отсутствием специальных средств маршрутизации, при формировании PDH фреймов и мультифреймов увеличивается (при возрастании числа мультиплексирований и переключений потоков при маршрутизации), возможность ошибки в отслеживании "истории" текущих переключений, а

значит увеличивается и возможность "потерять" сведения не только о текущем переключении, но и о его "истории" в целом, что приводит к нарушению схемы маршрутизации всего трафика. Так казалось бы существенное достоинство метода – небольшая "перегруженность заголовками" (рекомендация G.704 вообще не предусматривает необходимые для нормальной маршрутизации заголовки) – на деле оборачивается еще одним серьезным недостатком, как только возникает необходимость в развитой маршрутизации, вызванная использованием сети PDH для передачи данных.

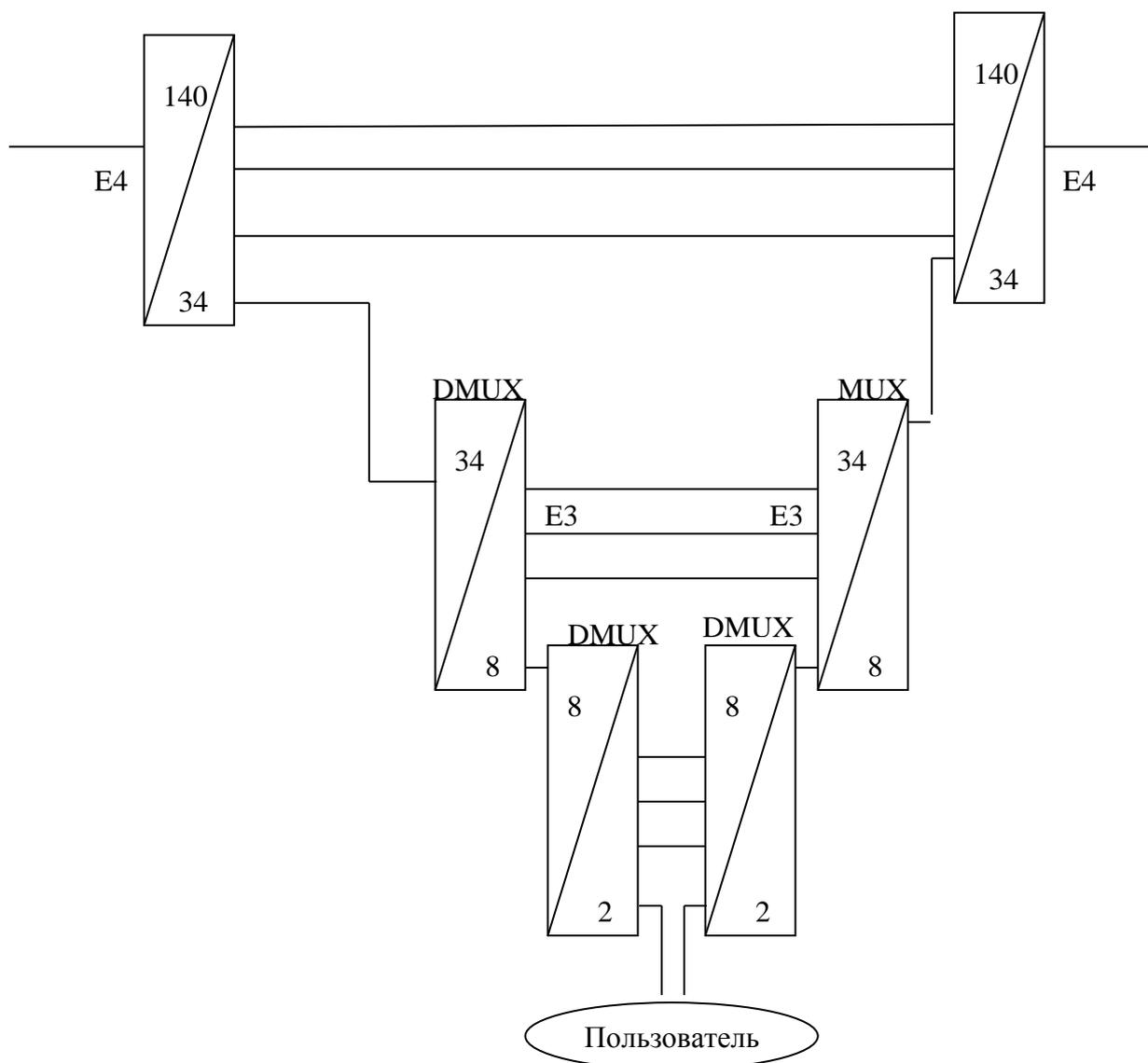


Рис.2.1 Выделение сигнала со скоростью 2 Мбит/с из плезиохронного цифрового потока 140 Мбит/с

И так, ряд недостатков PDH:

- затрудненный ввод/вывод цифровых потоков в промежуточных пунктах;
- отсутствие средств сетевого автоматического контроля и управления;
- многоступенчатого восстановления наличие трех различных иерархий.

2.2 Стандарт SDH

Указанные недостатки PDH а также ряд других факторов привели к разработке в США еще одной иерархии – иерархии синхронной оптической сети SONET, а в Европе аналитической синхронной цифровой иерархии SDH, предложенными для использования на ВОЛС. Но из-за неудачно выбранной скорости передачи для STS-1, было принято решение – отказаться от создания SONET, а создать на ее основе SONET/ SDH со скоростью 51,84 Мбит/с первого уровня OC1 этой СЦИ. В результате OC3 SONET/ SDH соответствует STM-1 иерархии SDH. Скорости передач иерархии SDH представлены в таблице 2.2.1.

Таблица 2.2.1 Скорости передачи иерархии SDH

Уровень SDH	Скорость передачи Мбит/с
STM-1	155,520
STM-4	622,080
STM-16	2487,320

SDH – синхронная цифровая иерархия. SDH – это набор цифровых структур, стандартизированных с целью транспортирования нужным образом адаптированной нагрузки по физическим сетям. SDH – рассчитывается на транспортирование как сигналов действующих PDH, имеющих скорости,

указанные в рекомендации G.703, как сигналов новых широкополосных служб. В тоже время значительно повышаются надежность и живучесть сетей, их гибкость, качество связи, Линейные сигналы SDH организованы в так называемые синхронные транспортные модули STM. Первый из них STM – 1 соответствует скорости 155 Мбит/с. Каждый последующий имеет скорость в четыре раза большую, чем предыдущий и образуется по байтным синхронным мультиплексированием. Уже стандартизованы STM – 4 (622 Мбит/с) и STM – 16 (2,5 Гбит/с).

В сети SDH используется принцип контейнерных перевозок, Подлежащие транспортированию сигналы предварительно размещаются в стандартных контейнерах C. Все операции производятся с контейнерами независимо от их содержимого. Благодаря этому достигается прозрачность сети SDH, то есть возможность транспортировать различные сигналы SDH, потоки ячеек АТМ или какие-либо новые сигналы. Имеются контейнеры четырех уровней. Все они, вместе с сигналами SDH в них размещенными указаны в таблице 2.2.2.

Таблица 2.2.2 Контейнеры четырех уровней SDH

Уровень	Контейнер	Сигнал SDH, Мбит/с
1	C-11, C-12	1,5; 2
2	C-2	6
3	C-3	34 и 45
4	C-4	140

Важной особенностью сети SDH является ее деление на три функциональных слоя, которые подразделяются на подслои. Каждый слой обслуживает вышележащий слой и имеет определенные точки доступа. Слои имеют собственные средства контроля и управления, упрощает операции по ликвидации последствий отказов и снижения их влияния на вышележащий слой.

Независимость слоев позволяет внедрять, модернизировать или заменять их, не затрагивая другие слои.

Таблица 2.2.3 - Деление SDH на функциональные слои

Слои	Подслои
Каналы	Низшего порядка
Тракты	Высшего порядка
Средства передачи	Мультиплексные Секции Регенерационные
	Физическая среда: ВОЛС, РРЛ, медный кабель

Важнейшими для последующего изложения являются сетевые слои: каналов, трактов и секций, сеть каналов - слой, обслуживающий собственно пользователей. Их терминалы подключаются к комплектам оконечной аппаратуры SDH соединительными линиями. Сеть каналов соединяет различные комплекты оконечной аппаратуры SDH через коммутационные станции.

Группы каналов объединяются в групповые тракты различных порядков, образуя сеть трактов. Имеются два сетевых слоя трактов (сверху вниз по иерархии SDH) низшего и высшего порядка. В слое трактов осуществляется программный и дистанционный контроль и управление соединениями. Все тракты оканчиваются в аппаратуре оперативного переключения, входящей в мультиплексоры SDH.

Групповые тракты организуются в линейные, построение которых зависит от среды передачи (ОВ, РРЛ). Это сетевой слой передачи. Он подразделяется на две части: слой секций (верхний) и слой физической среды. Сете-

вой слой секций подразделяется на два. Верхним является слой мультиплексных секций (МС). МС – обеспечивает передачу информации между пунктами, где оканчиваются или переключаются тракты. Нижний слой регенерационных секций (РС) - обеспечивает передачу информации между регенераторами и пунктами окончания или переключения трактов. Новая цифровая иерархия была задумана как скоростная.

Надежность сетей SDH, их способность к самовосстановлению, возможность поддержки потоков в широком диапазоне скоростей, развитые средства конфигурирования мониторинга и администрирования привели к широкому использованию SDH.

Применение SDH-технологий:

- транспортировка потоков данных в ATM сетях. При этом SDH оборудование обеспечивает передачу сигнала на большие расстояния, осуществляет кросс соединение ATM - потоков и позволяет организовать ATM сети со сложной топологией даже для линейного расположения ATM-коммутаторов;

- передача большого числа E1 потоков. Первичный цифровой канал E1 объединяет 32 канала DCO (основной цифровой канал), из которых один DCO используется для кадровой синхронизации, другой – для сигнализации. Кадр этого потока состоит из 32 канальных интервалов по 8 бит каждый. Частота следования кадров 8 КГц, что дает скорость потока $32 \times 8 \times 8 = 2048$ Кбит/с.

- создание отказоустойчивых транспортных сетей с быстрым временем восстановления работоспособности (по этому показателю SDH значительно превосходит другие технологии).

По мере распространения SDH – технологий при объединении сетей различных операторов связи остро встает проблема глобальной синхронизации узлов, и этот момент нельзя недооценивать.

Тенденция последних лет – вытеснение существующих ныне систем PDH сетями SDH, а также использование этой технологии не только опера-

торами связи, но и для построения магистралей корпоративных информационных систем.

2.3 Выбор оборудования

Развитие технологий скоростных телекоммуникаций на основе плезиохронной цифровой иерархии (ПЦИ, PDH – Plesiochronous Digital Hierarchy) ИКМ (Импульсно-коддовая модуляция) привело к появлению в последнее время наиболее значительных новых цифровых технологий синхронной оптической сети (СОС, SDH - Synchronous Digital Hierarchy) SONET (Synchronous Optical Network), и синхронной цифровой иерархии SDH (СЦИ) иногда рассматриваемых как единая технология SONET / SDH, расширившая диапазон используемых скоростей передачи до 40 Гбит/с. Эти технологии были ориентированы на использование ВОК в качестве среды передачи.

На современном этапе международным стандартом построения магистральных сетей связи является оборудование, разработанное по технологии синхронной цифровой иерархии. Оно решает все проблемы с различными иерархиями и скоростями передачи и рекомендовано к применению международным институтом по телекоммуникациям.

Технологии локальных вычислительных сетей (ЛВС), ориентированных на передачу данных, а не голоса, развивались не по линии уплотнения каналов, а по линии увеличения полосы пропускания каналов передачи данных, необходимой для передачи не только текстовых, но и графических данных, а сейчас и данных мультимедиа. В результате используемые на начальном этапе развития сетевые технологии ARCnet, Ethernet (локальная сеть, использующая стандарт IEEE 802.3 – CSMA/CD (10 Мбит/с)) и Token Ring (локальная сеть с кольцевой технологией), реализующие скорости передачи 2-16 Мбит/с в полудуплексном режиме и 4-32 Мбит/с в дуплексном режиме, уступили место новым скоростным технологиям: FDDI, Fast Ethernet (Fiber Distributed Data Interlace – волоконно-оптический распределенный интерфейс (передачи

данных) - локальная сеть на основе стандарта FDDI (100Мбит/с) с ОК в качестве среды передачи) и 100VG-Any LAN (сеть быстрый Ethernet со скоростью 100Мбит/с), использующим скорость передачи данных 100 Мбит/с и ориентированных в большей части своей также на применение ВОК. Апофеозом этого развития стала новая технология Gigabit Ethernet (гигабитный Ethernet), использующая скорость передачи 1 Гбит/с.

Создание компьютерных сетей масштаба предприятия, а также корпоративных, региональных и глобальных сетей передачи данных, связывающих множество ЛВС, в свою очередь привело к созданию таких транспортных технологий передачи данных, как: X.25 (сеть передачи данных по протоколу X.25), и Frame Relay (ретрансляция кадров), решавших эти задачи первоначально на скоростях 64 кбит/с, 144 кбит/с и 2 Мбит/с соответственно.

Дальнейшее развитие этих технологий также шло по линии увеличения скоростей передачи и привело к трем важным результатам:

- постепенному отмиранию (в плане бесперспективности развития) существующей еще технологии X.25;

- увеличению скорости передачи данных, реализуемых технологий Frame Relay до скорости 45 Мбит/с;

- появлению в недрах технологии ISDN (Integrated Services Digital Network – цифровая сеть с интеграцией служб), а именно широкополосной В (Broadband) -ISDN, новой технологии АТМ (Asynchronous transfer Mode - режима асинхронной передачи), которая принципиально может применяться на различных скоростях передачи (от 1,5 Мбит/с до 40 Гбит/с), причем она самостоятельно может использоваться как технология магистральной передачи трафика (не требуя промежуточной технологии переносчика) или может передавать свой трафик с использованием промежуточной технологии переносчика (например, ПЦИ, СЦИ) благодаря использованию техники инкапсуляции ячеек в фреймы, виртуальные трибы или виртуальные контейнеры.

Модули систем передачи данных, использующие технологию СЦИ, или функциональные модули СЦИ. Эти модули могут быть связаны между собой

в сеть СЦИ. Связи модулей можно рассматривать с двух сторон: логической и физической.

С точки зрения первой из них, взаимодействие связанных модулей определяется некоторым алгоритмом работы. Этот алгоритм, подчиняясь определенной логике, требует от них выполнения определенного набора логических функций, описанных в рамках функциональной модели.

Со второй точки зрения необходимо определить/задать функциональные связи модулей, определяющие физическую (а не модельную) топологию, или архитектуру сети СЦИ. Сетевая архитектура позволяет, как анализировать общие закономерности функционирования сети, достоинства и недостатки различных составляющих ее топологий, так и выбирать топологию сети, оптимальную для решения конкретной задачи.

С другой стороны, рассматриваемые модули связаны между собой физической средой распространения СЦИ сигнала, создаваемой кабелем связи. Совместное рассмотрение функциональных связей и физической среды распространения сигнала позволяет выявить физические пределы и ограничения на функционирование систем с заданной топологией.

Сеть СЦИ, как и любая транспортная сеть, строится из отдельных функциональных модулей ограниченного набора мультиплексоров, коммутаторов, концентраторов, усилителей, регенераторов и терминального оборудования. Этот набор определяется функциональными основными задачами, решаемыми сетью:

- объединение входных потоков, поступающих через каналы доступа, в агрегатный поток, пригодный для транспортировки в сети СЦИ – задача мультиплексирования, решаемая терминальными мультиплексирования – ТМ (Terminal Multiplexer) или мультиплексорами ввода/вывода – ADM (Add/Drop Multiplexer);

- транспортировка агрегатных потоков по сети SDH с возможностью ввода/вывода входных/выходных потоков – задача транспортировки, решаемая мультиплексорами ввода/вывода – ADM, логически управляющими ин-

формационным потоком в сети, а физически – потоком в физической среде, формирующей в этой сети транспортный канал;

-усиление амплитуды сигнала, передаваемого на большие расстояния, для компенсации его затухания – задача усиления, решаемая с помощью усилителей;

-восстановление (регенерация) формы, амплитуды и исходных параметров сигнала для компенсации его затухания и других форм деградации – задача регенерации, решаемая с помощью регенераторов – устройств, аналогичных повторителям в ЛВС;

-перегрузка виртуальных контейнеров в соответствии со схемой маршрутизации из одного потока или сегмента сети в другой, осуществляемая в выделенных узлах сети, - задача коммутации, или кросс коммутации, решаемая с помощью цифровых коммутаторов или кросс коммутаторов – DXС (Digital Cross Connect);

-сопряжение сети пользователя с сетью СЦИ – задача сопряжения, решаемая с помощью оконечного оборудования – в первую очередь интерфейсных модулей, принимающих и обрабатывающих для последующего мультиплексирования или коммутации трибы ПЦИ и СЦИ, а также различных согласующих устройств, например, конвертеров интерфейсов, конвертеров скоростей, конвертеров импедансом и так далее.

Для улучшения ориентации в приведенном ниже обзоре представлены более подробные данные по наиболее характерным образцам мультиплексоров и систем управления пяти ведущих на мировом рынке телекоммуникаций фирм-поставщиков оборудования SDH: NEC, Lucent Technologies и Siemens. Сводная таблица систем STM-16 (Synchronous Transport Module уровня 16) для технологического сегмента дана в таблице 2.3.1.

Таблица 2.3.1 Сводная таблица систем STM-16 для технологического сегмента

Параметры	Типы аппаратуры
-----------	-----------------

	Siemens	Alcatel	AMD-16, (LT), США	SMS- 150C NEC
Количество компонент- ных интерфейсов 2 Мбит/с / 34 Мбит/с	504/8	504/8	504/6	504/4
Количество агрегатных интерфейсов в STM-1 в мультитиплексоре	2	2	2	2
Код применения оптического интерфейса	L-1.1.	L-1.1., L-1.2.	S-1.1.	S-1.1. L1.1.
Выходная мощность излучения лазера, дБ	-5...0	-5...0	-15...-8	-15...-8, -5...0
Чувствительность оптического приемника, дБ	≤-34	≤-34	≤-34	≤-28, ≤-34
Параметры интерфейса 2 Мбит/с (120 Ом):				
Скорость передачи	2048 Кбит/с	2048 Кбит/с	2048 Кбит/с	2048 Кбит/с

продолжение таблицы 2.3.1

Относительное отклонение скорости передачи	±20 ppm	±20 ppm	±20 ppm	±20 ppm
Параметры интерфейса STM-1:				
Скорость передачи	155520 Кбит/с	155520 Кбит/с	155520 Кбит/с	155520 Кбит/с
Относительное отклонение скорости передачи	±20 ppm	±20 ppm	±20 ppm	±20 ppm
Параметры интерфейсов к сигнализации, внешней аппаратуре и внешним датчикам:				

Количество и состав интерфейсов	3/-/-	Отсутствует	-/4/4	6/4/4
Ток срабатывания	10...50 мА	-	10...50 мА	10...50 мА
Ток через замкнутые контакты, напряжение на разомкнутых контактах	0,5А/ 72В	-	0,5 А/72В	0,5А/72 В
Параметры интерфейса к терминалу обслуживания	соответствует	соответствует	соответствует	соответствует
Входные параметры интерфейса синхронизации:				
Номинальная частота	2048 кГц	2048 кГц	2048 кГц	2048 кГц
Входное сопротивление	120 Ом	120 Ом	120 Ом	120 Ом
Количество интерфейсов	2	1	1	1
Выходные параметры интерфейса синхронизации:				
Номинальная частота	2048 кГц	2048 кГц	2048 кГц	2048 кГц
Входное сопротивление	120 Ом	120 Ом	120 Ом	120 Ом
Количество интерфейсов	1	1	-	1
Структура мультиплексирования	ITU	ITU	ITU, ETSI	ITU, ETSI
Автоматическое резервирование	MSP, SNCP	MSP, SNCP	MSP, SNCP	MSP, SNCP
Параметры ошибок на выходе компонентных трактов аппаратуры	соответствует	соответствует	соответствует	соответствует
Выходной джиттер для агрегатных сигналов STM-1	соответствует	соответствует	соответствует	соответствует

(оптического и электрического)				вует
Выходной джиттер для компонентных сигналов (2 Мбит/с и 34 Мбит/с)	соответствует	соответствует	соответствует	соответствует

продолжение таблицы 2.3.1

Максимально допустимый джиттер на входах интерфейсов агрегатных сигналов STM-1 (оптического и электрического)	соответствует	соответствует	соответствует	соответствует
Максимально допустимый джиттер на стыках компонентных сигналов ПЦИ	соответствует	соответствует	соответствует	соответствует
Джиттер при выделении (demapping) компонентных сигналов	соответствует	соответствует	соответствует	соответствует
Напряжение питания	-36..-72В	-48..-72В	-36,4..-57,6 -48...-72	-36,4..-57,6
Рабочее значение температуры окружающего воздуха	+5...+40	+5...+40	+5...+40	+5..+40
Рабочее значение влажности воздуха	до 80%	до 80%	до 80%	до 80%
Среднее время наработки на отказ	80000 ч	160000 ч	216000 ч	100000ч
Срок службы аппаратуры	20 лет	20 лет	20 лет	20 лет

Кроме них есть ряд других достаточно крупных производителей второго эшелона, поставляющих в основном оборудование СЦИ STM-1,-4.

Рынок оборудования СЦИ различного класса в последнее время становится все более насыщенным, учитывая разнообразие и масштабность осуществляемых совместно с указанными компаниями проектов, в которых стороны оперируют уже сотнями комплектов оборудования СЦИ.

Все разнообразие этого оборудования можно разбить на семь групп:

-синхронные мультиплексоры – SMUX или SM (Synchronous Multiplexer);

-оборудование линейных трактов – SL;

-синхронные кросс коммутаторы – SXC;

-синхронные радиорелейные линии (РРЛ) – SR;

-системы с WDM или DMDM – WM (Wavelength Division Multiplexer);

-оптические мультиплексоры – OM или OADM (Optical Multiplexer);

-системы управления оборудования SDH.

Подробное рассмотрение всех типов оборудования задача большая и трудоемкая, учитывая, что не все указанные выше компании публикуют или готовы предоставить нужную, достаточно подробную информацию. Все характеристики и параметры оборудования приведены, как правило, так, как они представлены в проспектах компаний.

Основные характеристики мультиплексного оборудования сводятся отдельно для синхронных мультиплексоров различных уровней SDH: STM-1, STM-4, STM-16 и системы управления ими. На рынок Казахстана поступает и оборудование российского производства, как оптические мультиплексоры на 4 и 16 потоков E1TC4E1 и E1TC16E1 технологий PDH.

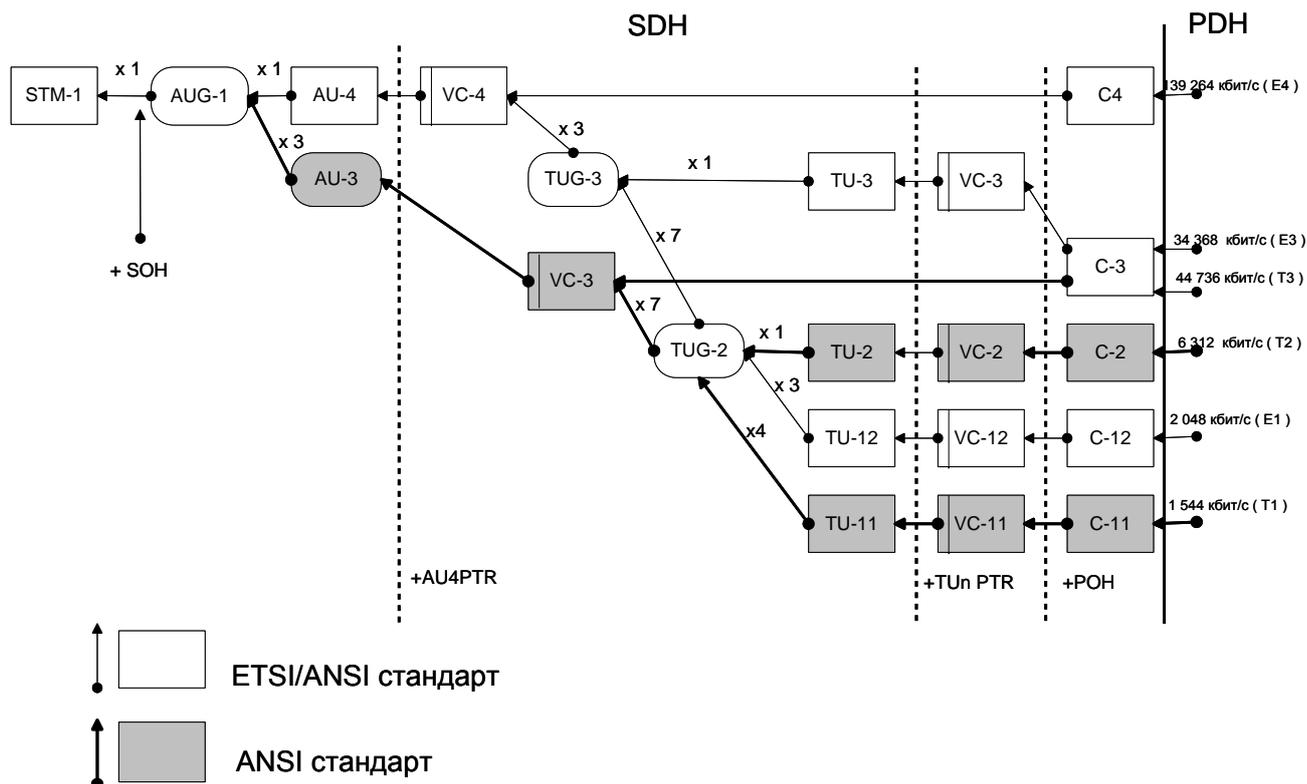
Анализируя характеристики различных оборудования, наиболее оптимальным считается STM фирмы Siemens.

Рассмотрим группообразование синхронных транспортных модулей STM-1.

Информация, поступающая в сеть согласовывается со структурами с помощью которых поддерживается соединение. В SDH эти структуры образуются в сетевых слоях секций и трактов и транспортируют цифровые пото-

ки, а также широкополосную информацию. В функции этих структур входят также компенсация возможных изменений скорости и фаз транспортируемых по сети SDH цифровых потоков. Такая компенсация обеспечивает функционирование SDH как синхронной сети, допускающей плезиохронный режим.

Синхронные мультиплексоры фирмы Синхронные мультиплексоры фирмы “GPT/SIEMENS” формируют потоки синхронной цифровой иерархии



и плезиохронной цифровой иерархии. Мультиплексирование начинается с формирования контейнера. Входящие потоки PDH упаковываются (мультиплексируются) в контейнеры SDH C-12, C-3 или C-4 в соответствии с плезиохронным методом выравнивая скоростей. На рисунке 2.3.1 показаны организация и связи структур мультиплексирования иерархий SDH и PDH

Рис. 2.3.1 Процесс загрузки цифрового потока в синхронный транспортный модуль STM-1

Каждая стандартная скорость передачи информации потока PDH постоянно назначается контейнеру определённого размера путём добавления к

контейнерам заголовка тракта LO-РОН. Из контейнеров создаются виртуальные контейнеры VC-12, VC-2, VC-3 или VC-4.

Трастовый заголовок РОН создаётся (ликвидируется при распаковке сигнала) в пунктах, в которых организуется (расформировывается при распаковке сигнала) VC, и контролирует тракт между этими пунктами.

В функции РОН входит контроль качества тракта и передача аварийной и эксплуатационной информации. Заголовок НО-РОН тракта высшего порядка содержит так же информацию о структуре информационной нагрузки VC. Каждый виртуальный контейнер VC-12 или VC-2 генерирует, вместе с соответствующими указателями TU (указатель данных), трибутарную единицу TU-12 или TU-3.

Трибутарный блок TU обеспечивает согласование между сетевыми слоями трактов низшего и высшего порядков и содержит информационную нагрузку и TU указатель, показывающий отступ начала цикла нагрузки от начала цикла VC высшего порядка. Один или несколько TU, занимающих определённые фиксированные позиции в нагрузке VC высшего порядка, называют “группой трибутарных единиц” (TUG). TUG образуется путем генерирования байтов TU-12 или TU-3.

Цикл STM-1 состоит из трёх групп полей:

- поле секционных заголовков регенерационной секции (R SOH) формата 3×9 байтов и мультиплексной секции (M SOH) формата 5×9 байтов;

- поле указателя AU-4 формата 1×9 байтов;

- поле полезной нагрузки формата 9×261 байтов.

Блок AU-4 служит для переноса одного виртуального контейнера VC-4, имеющего свой маршрутный (трастовый) заголовок высокого уровня НО-РОН. Основное назначение заголовка высокого уровня НО-РОН – обеспечить целостность на маршруте от точки сборки виртуального контейнера до точки его разборки. Следует отметить, что структура заголовка для VC-3 и VC-4 одинаковая.

Рис. 2.6 – Структура цикла STM-1 и VC-4, VC-3 и заголовка HO-POH

Ниже представлены байты заголовка и их значение.

J1 байт – передаётся в 16-ти последовательных циклах и состоит из 15-байтовой последовательности идентификаторов маршрута и первого байта суммы CRC-7 для идентификации ошибок в трассе маршрута, показанного на рисунке 2.3.

Идентификаторы маршрута используются для того, чтобы принимаемый терминал получал подтверждение о связи с определённым передатчиком.

J 1 / номера битов								
1	2	3	4	5	6	7	8	
1	C	C	C	C	C	C	C	Байт 1
0	X	X	X	X	X	X	X	Байт 2
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	
0	X	X	X	X	X	X	X	Байт 16

где CCCCCCCC - контрольная сумма CRC7 предыдущего цикла

XXXXXXXXXX - идентификатор точки доступа к маршруту

Рис. 2.3 Структура информационного поля J1 с цикловой структурой

V3 байт - контролирующий ошибки чётности в предыдущем контейнере.

C2 байт - указатель типа полезной нагрузки. Несёт информацию о наличии полезной нагрузки. Основные типы полезной нагрузки определены в рекомендациях ITU-T G.707 и приведены в таблице 2.5

Таблица 2.3.2 Значения указателя типа полезной нагрузки C2

Бинарный	Н	Значение
----------	---	----------

ВИД	ЕХ	
00000000	0 0	Контейнер не загружен
00000001	0 1	Контейнер загружен, нагрузка не специфицирована
00000010	0 2	Структура TUG
00000011	0 3	Синхронный TU-n
00000100	0 4	Асинхронная загрузка 34 или 45 Мбит/с
00010010	1 2	Асинхронная загрузка 140 Мбит/с
00010011	1 3	Загрузка АТМ
00010100	1 4	Загрузка MAN (DQDB)
00010101	1 5	Загрузка FDDI
11111110	F E	Тестовый сигнал по O.181
11111111	F F	VC-AIS в случае поддержки TCM

G1 байт – указатель состояния маршрута. Используется для передачи информации о состоянии линии к удалённому терминалу. Предусмотренно использование G1 байта для передачи информации об ошибках двух категорий. Структура байта представлена на рисунке 2.4.

FEBE (Far End Block Error) – наличие блоковой ошибки на удалённом конце. Сигнал посылаемый в ответ на получение на удалённом конце ошибки четности по ВР-8 (метод контроля чётности).

FERF (Far End Receive Failure) – наличие неисправностей на удалённом конце. Сигнал, посылаемый в случае возникновения на удалённом конце нескольких неисправностей. F2, F3 – байты, которые могут быть задействованы для организации канала связи и используются оператором для решения внутренних задач обслуживания системы передач.

Н4 байт является указателем и используется при организации сверхциклов SDH. Он указывает на номер цикла VC-1, VC-2 в сверхцикле TU-1, TU-2. Этот байт также используется в процедуре смещения указателя при распаковки сигнала.

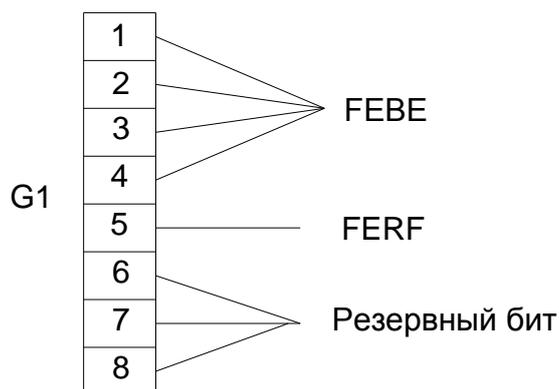


Рис. 2.4 Значение байта G 1

К3 байт – Н4 байт является указателем и используется при организации сверхциклов SDH. Он указывает на номер цикла VC-1, VC-2 в сверхцикле TU-1, TU-2. Этот байт также используется в процедуре смещения указателя при распаковки сигнала.

индикатор автоматического переключения (APS). Он используется для оперативного резервирования в системе SDH. Даже в случае отсутствия системы самодиагностики, байт К3 обеспечивает передачу команды перехода на резерв.

N1 байт – это байт мониторинга взаимного соединения (ТСМ). Необходимость введения процедуры мониторинга взаимного соединения была связана с тем, что байт ВЗ, обеспечивающий контроль чётности, устанавливается только для начала и конца маршрута и обеспечивает контроль качества сквозного соединения.

3 ОСОБЕННОСТИ ОПТИЧЕСКОГО КАБЕЛЯ

3.1 Конструктивные особенности и характеристики оптических кабелей

Приведем основные характеристики и классификацию оптических кабелей. Существующие ОК по своему назначению классифицированы на три группы: магистральные; зонные; городские.

В отдельные группы выделяются: подводные; объектовые; монтажные.

Оптические кабели городской связи применяются в качестве соединительных линий между городскими АТС и узлами связи. По коэффициенту собственного затухания они наименее требовательны и рассчитаны для работы на небольшие расстояния (9-12 км без регенерационного пункта) и большое число каналов.

В настоящее время на городских и сельских телефонных сетях в основном применяются ОК с концентрической повивной скруткой. Кабель содержит определенное количество оптических волокон, чаще всего четыре или восемь, расположенных вокруг силового стержня из высокопрочной пластмассы, принимающего на себя продольную нагрузку на разрыв.

Световод имеет двухслойную конструкцию и состоит из сердечника оболочки.

Сердечник служит, непосредственно, для передачи электромагнитной энергии и изготавливается из ультрачистого кварцевого стекла. Оболочка необходима для создания лучших условий отражения на границе раздела двух сред и для защиты от помех окружающего пространства. Изготавливают оболочку из кварца или полимеров. Снаружи световода располагается защитное покрытие для предохранения волокна от механических воздействий и нанесения расцветки. Защитное покрытие, как правило, двухслойное: вначале кремнеорганический компаунд, а затем – фторопласт, нейлон, полиэтилен или лак. Общий диаметр волокна 500-800 мкм. Чаще всего волокна располагаются в отдельных пластмассовых трубках, образуя модули. Расцветка модулей:

- I - голубой;
- II - оранжевый;
- III - зеленый;
- 1У - коричневый;
- У - серый;

Расцветка волокон в модуле:

- 1 - голубой;
- 5 - синевато-серый;
- 9 - желтый;
- 2 - оранжевый;
- 6- белый;
- 10- фиолетовый;
- 3 - зеленый;
- 7- красный;
- 11- розовый;
- 4 - коричневый;
- 8- черный;

-12- морской волны.

Кроме перечисленных элементов, в оптических кабелях, как правило, имеются следующие:

-заполнители в виде сплошных пластмассовых нитей;

-армирующие элементы, повышающие прочность кабеля при механических воздействиях;

-наружные защитные оболочки, предохраняющие кабель от проникновения влаги, паров вредных веществ и внешних механических воздействий.

Для влагостойкости кабель в процессе изготовления заполняется гидрофобной массой.

В настоящее время существуют множество марок оптических кабелей. Кабели зарубежных фирм мы в данном проекте рассматривать не будем ввиду значительной разницы в цене на кабель и отсутствии явных преимуществ перед Российскими аналогами.

Оптические кабели зоновой связи:

-ОЗКГ- оптический зонный кабель для прокладки в грунте с 4 или 8 ОВ;

-ОКЗ - содержит четыре медные изолированные жилы 1,2 мм для дистанционного питания регенераторов. На основе ОКЗ изготавливаются ОКЗК, ОКЗБ, ОКЗС, ОКЗМК, которые отличаются различными вариантами брони;

-ОКС - стационарный кабель

Оптические кабели магистральной связи:

-ОМЗКГ- оптический кабель с 4, 8 или 16 волокнами;

-ОМЗВ - используется для прокладки через судоходные и сплавные реки, болота. Содержит в себе 4 или 8 оптических волокон;

-ОКЛ предназначен для одномодовой связи на волне 1,55 мкм емкостью 4, 8 и 16 волокон и содержит медные жилы для дистанционного электропитания;

-ОКЛС-01 (03), ОКЛК-03, ОКЛБ-01, ОКЛАК-01 – разновидности, отличающиеся конструкцией сердечника, силовых элементов, оболочки.

3.2 Выбор оптимального типа ОК

В данном проекте предлагается использовать ВОК с одномодовыми волокнами без металлических элементов.

Такое решение позволяет избежать нежелательных затрат на заземление кабеля, обеспечение электробезопасности обслуживаемого персонала.

При прокладке в земле в полиэтиленовом трубопроводе применяются специальные кабели, предназначенные для задувки в предварительно уложенный полиэтиленовый трубопровод.

Количество волокон в оптическом кабеле определено, исходя из объемов передаваемой информации, а также от функционального назначения системы передачи и требований к надежности связи.

В проекте предполагается использование кабельной продукции российского производства. При хорошем качестве, она дешевле импортных аналогов.

Например, оптический кабель HF-062-UNI-16NM фирмы Comquest стоит 2,07 тысячи доллара за 1 км.

Конструкция кабеля ОК-М8П-10-0.22-16 на рисунке 3.1.

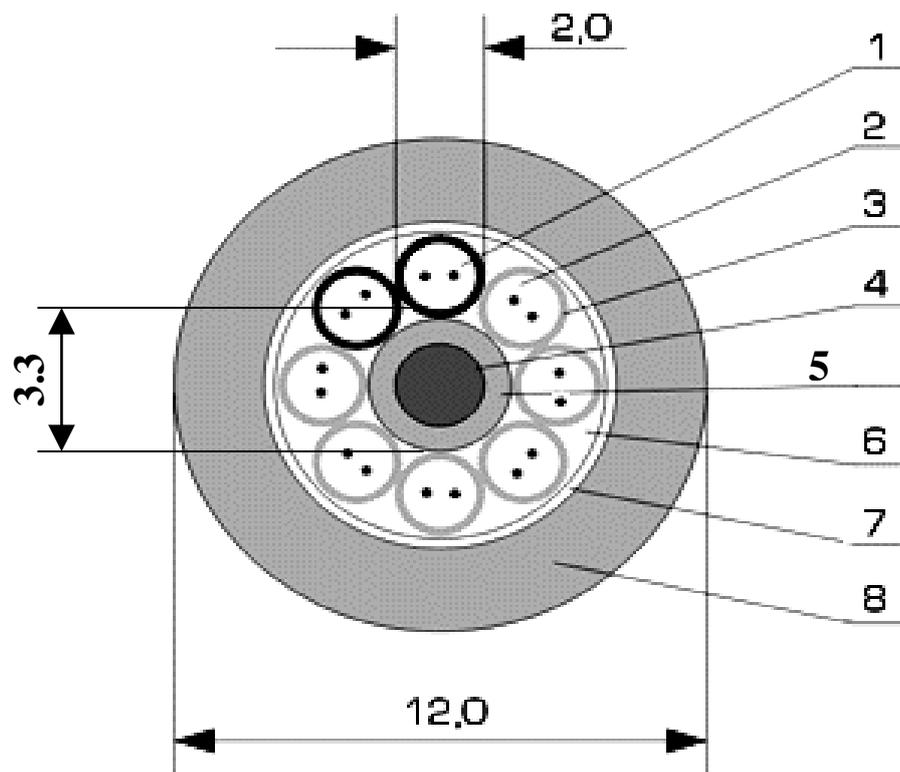


Рис. 3.2.1 Конструктивные элементы ОК-М8П-10-0.22-16

Приведем расшифровку конструкции выбранного кабеля.

1 - оптическое волокно (ОВ); максимальное количество волокон в модуле с наружным диаметром 2,0 мм - 6 штук;

2 - гидрофобный наполнитель (ГЗ);

3 - оболочка оптического модуля (ОМ) из полибутилентерефталата или полиэтилена (ПЭ), наружный диаметр - 2,0 мм;.

4 - центральный силовой элемент (ЦСЭ) - стеклопластиковый пруток диаметром 2,0 мм;

5 - оболочка ЦСЭ из ПЭ; наружный диаметр - 3,3 мм для кабелей марки ОК-М8;

6 - гидрофобное заполнение;

7 - скрепляющий элемент - обмотка полибутилентерефталатной пленкой;

8 - наружная оболочка кабеля из ПЭ толщиной 2 мм

Примечание: вспарывающую нить ("рип-корд") допускается вводить под промежуточную оболочку.

Кабель в оболочке, стойкой к проникновению влаги, жилы которого представляют собой оптические волокна в первичной защитной оболочке уникального цвета диаметром 200 мкм, помещенные в полиэфирную заполненную гелем трубку - свободный буфер.

Буфер помещен в полиэтиленовую оболочку черного цвета, стойкую к попаданию воды, с упрочняющими элементами в виде арамидной нити.

Оптический кабель предназначен для прокладки в кабельной канализации, трубах, блоках, коллекторах, на мостах и в кабельных шахтах ручным или механизированным способом. При этом должны выполняться следующие требования:

- растягивающее усилие кабеля не менее 1500 Н;
- раздавливающие усилие не менее 2000 Н;
- расчётная масса кабеля 200 килограмм;
- диапазон рабочих температур $-45 \div +60$ С°;
- температура прокладки $-40 \div +60$ С°
- минимальный радиус изгиба на угол $90^\circ - 250$ мм;
- коэффициент затухания – 0.22 Дб/км;
- наружный диаметр – 12мм;

Маркировка кабеля ОК-МНТ-XX-YY-Z₁/Z₂

ОК - оптический кабель;

М - модульная конструкция;

Н - количество элементов в повиве;

Т - тип центрального силового элемента;

П - стеклопластиковый пруток;

Г - стальной трос;

R1 - наружный диаметр оптического модуля;

R2 - диаметр оптического модуля;

XX - тип оптического волокна;

YY - предельное значение затухания, дБ/км;

Z1 - количество оптических волокон;

Z2 - количество служебных жил

3.3 Расчет основных параметров

Одномодовое оптическое волокно (ООВ) является направляющей системой для распространения электромагнитных волн. Для их распространения по световоду используется известное явление полного внутреннего отражения на границе двух диэлектрических сред n_1 и n_2 , где n_1 – среда распространения волны НЕ11, ограниченная средой n_2 , при этом $n_1 < n_2$

Средой распространения и ограничения является кварцевое стекло с различной концентрацией легирующих добавок для получения различных показателей преломления (ПП) n_1 и n_2 , $n_1 = 1,46$ и $n_2 = 1,457$.

Определим относительное значение ПП:

$$\Delta = \frac{n_1 - n_2}{n_1}, \quad (3.3.1)$$

$$\Delta = \frac{1,46 - 1,457}{1,46} = 0,00205$$

По оптоволокну эффективно передаются только лучи, заключённые внутри телесного угла θ , величина которого обусловлена углом полного внутреннего отражения. Этот телесный угол характеризуется числовой апертурой:

$$NA = \sin \sigma = \sqrt{n_1^2 - n_2^2} \quad (4.2.2)$$

$$NA = \sqrt{1,46^2 - 1,457^2} = 0,093$$

где σ - апертурный угол падения луча,

$$\sigma = \arcsin 0,093 = 5,336^\circ$$

Для ООВ диаметр сердечника выбирается таким, чтобы обеспечить условия распространения только одной моды HE11. В этом случае, из условия одномодовости, нормированная частота:

$$V = \frac{\pi d}{\lambda} \sqrt{n_1^2 - n_2^2}, \quad (3.3.2)$$

где $d = 10$ мкм – диаметр сердцевинки ОВ;

$\lambda = 1,55$ мкм – длина волны оптического излучения.

$$V = \frac{3,14 \cdot 10}{1,55} \sqrt{1,46^2 - 1,457^2} = 1,89$$

Одномодовая передача реализуется на гибридной волне HE11. Эта волна нулевое значение корня Бесселевой функции $P_{nm}=0,000$, следовательно, она не имеет критической частоты и может распространяться при любой частоте. Все другие волны имеют конечное значение, и они не распространяются на частотах ниже критической.

Интервал значений P_{nm} , при которых распространяется лишь один тип волны HE11, находится в пределах $0 < P_{nm} < 1,89$. Поэтому при выборе диаметра сердцевинки ОВ и выборе частоты передачи исходим из этого условия $P_{nm}=1,883$.

Определим критическую частоту, при которой распространяется лишь один тип волны HE11:

$$f_0 = \frac{P_{nm} \cdot c}{nd \sqrt{n_1^2 - n_2^2}}, \text{ Гц}, \quad (3.3.3)$$

где $c = 3 \cdot 10^8$ м/с – скорость света.

$$f_0 = \frac{1,89 \cdot 3 \cdot 10^8}{3,14 \cdot 10 \cdot 10^{-6} \sqrt{1,46^2 - 1,457^2}} = 1,95 \cdot 10^{14} \text{ (Гц)}$$

Определим также длину волны:

$$\lambda_0 = \frac{c}{f_0} = \frac{3 \cdot 10^8}{1,95 \cdot 10^{14}} = 1,542 \text{ (мкм)} \quad (3.3.4)$$

Таким образом, по данной направляющей системе распространяется лишь одна волна HE₁₁ при $\lambda_0 = 1,542$ мкм.

В одномодовых световодах отсутствует модовая дисперсия и в целом дисперсия оказывается существенно меньше. В данном случае возможно проявление волноводной и материальной дисперсии, но при длинах волн $\lambda = 1,2 \dots 1,6$ мкм происходит их компенсация, то есть $\tau_{\text{МАТ}} \approx \tau_{\text{ВВ}}$

При взаимодействии всех факторов форма сигнала на приёме не известна. Поэтому в качестве меры дисперсии используется среднеквадратическая дисперсия в оптоволокне:

$$\sigma = \Delta\lambda \cdot \sigma_{\text{H}}, \text{ пс/км}, \quad (3.3.5)$$

где $\Delta\lambda = 5$ нм – ширина полосы длин волн оптического излучения;

$\sigma_{\text{H}} = 3,5$ пс/км – номинальное значение среднеквадратической дисперсии для ОК типа ОК-М.

$$\sigma = 5 \cdot 3,5 = 17,5, \text{ пс/км}.$$

Итак, $\sigma = 17,5$ пс/км, что существенно меньше модовой дисперсии многомодового ОК.

3.4 Расчёт быстродействия ВОСП

Выбор типа ОК может быть оценён расчётом быстродействия системы и сравнением его с допустимым значением. Быстродействие системы определяется инертностью её элементов и дисперсионными свойствами ОК. Полное допустимое быстродействие системы определяется скоростью передачи B' , бит/с, способом модуляции оптического излучения, типом линейного кода и определяется по формуле:

$$t_{\text{доп}} = \frac{\beta}{B'}, \text{ нс}, \quad (3.4.1)$$

где β - коэффициент, учитывающий характер линейного сигнала (вид линейного кода). $\beta=0,7$ для кода NRZ.

В соответствии с рекомендациями МСЭ-Т (ITU-T) линейным кодом транспортных систем SDH является код NRZ.

$$t_{\text{доп}\Sigma} = \frac{0,7}{155 \cdot 10^6} = 4,52 \text{ (нс)}$$

Общее ожидаемое быстродействие ВОСП определяется по формуле:

$$t_{\text{ож}\Sigma} = 1,111 \sqrt{t_{\text{ПЕР}}^2 + t_{\text{ПР}}^2 + t_{\text{ОВ}}^2}, \text{ нс}, \quad (3.4.2)$$

где: $t_{\text{ПЕР}}$ – быстродействие передающего оптического модуля (ПОМ), зависящее от скорости передачи информации и типа источника излучения; $t_{\text{ПЕР}} = 1,2$ нс (для скорости 622 Мбит/с);

$t_{\text{ПР}}$ – быстродействие приёмного оптического модуля (ПРОМ), определяемое скоростью передачи информации и типом фотодетектора (ФД),

$$t_{\text{ПР}} = 0,8, \text{ нс};$$

$t_{\text{ОВ}}$ – уширение импульса на длине РУ.

$$t_{\text{СВ}} = \sigma \cdot l_{\text{РУ}}, \text{ нс}, \quad (3.4.3)$$

где σ - дисперсия, определяемая в зависимости от типа волокна.

$$t_{\text{СВ}} = 17,5 \cdot 83 = 1,45 \text{ нс}$$

$$t_{\text{ож}\Sigma} = 1,111 \sqrt{1,2^2 + 0,8^2 + 1,45^2} = 2,27 \text{ (нс)},$$

Так как $t_{\text{ож}\Sigma} = 2,27 \text{ нс} < t_{\text{доп}\Sigma} = 4,52 \text{ нс}$, то выбор типа кабеля и длины РУ сделан верно. Величина

$$\Delta t = t_{\text{доп}\Sigma} - t_{\text{ож}\Sigma} \quad (3.4.4)$$

$$\Delta t = 4,52 - 2,27 = 2,25, \text{ нс}$$

называется запасом по быстродействию.

При $t_{\text{ож}\Sigma} < t_{\text{доп}\Sigma}$ стационарное и линейное оборудование ВОСП будут обеспечивать неискажённую передачу линейного сигнала.

3.5 Расчёт порога чувствительности ПРОМ

Одной из основных характеристик приёмника оптического излучения является его чувствительность, то есть минимальное значение обнаруживаемой (детектируемой) мощности оптического сигнала, при которой обеспечиваются заданные значения отношения сигнал/шум или вероятность ошибок.

В условиях идеального приёма, то есть при отсутствии и шума искажений для обеспечения вероятности ошибок не хуже 10^{-9} требуется генерация 21 фотона на каждый приёмный импульс. Это является фундаментальным пределом, который присущ любому физически реализуемому фотоприёмнику и называется квантовым пределом детектирования.

Соответствующая указанному пределу минимальная средняя мощность оптического сигнала длительностью

$$\tau = \frac{1}{B'}, \text{ с/бит}, \quad (3.5.1)$$

$$\tau = \frac{1}{622 \cdot 10^6} = 1,61 \cdot 10^{-9} \text{ (с/бит)}$$

называется минимально детектируемой мощностью (МДМ).

Минимальная средняя мощность оптического сигнала на входе ПРОМ, при которой обеспечивается заданное отношение сигнал/шум или вероятность ошибок, называется порогом чувствительности.

3.6 Расчёт затухания соединителей ОВ

Уровень оптической мощности, поступающей на вход ПРОМ, зависит от энергетического потенциала системы, потерь мощности в ОВ, потерь мощности в разъёмных и неразъёмных соединителях.

Потери мощности в ОВ нормируются и составляют, например, во втором окне прозрачности 0,32 дБ/км, а в третьем окне прозрачности 0,22 дБ/км (берутся из паспортных данных ОК).

Потери мощности в неразъёмном соединителе нормируются и составляют 0,1 дБ.

Потери в разъёмном соединителе определяются суммой

$$\alpha_p = \sum a_i, i = 1,2,3,4,\dots \quad (3.6.1)$$

где α_1 – потери вследствие радиального смещения на стыке ОВ (рисунок 3.6.3);

α_2 – потери на угловое рассогласование (рисунок 3.6.1);

α_3 – потери на осевое рассогласование (рисунок 3.6.2);

α_4 – неучтённые потери.

Потери вследствие радиального смещения в одномодовом ОВ рассчитываются по формуле:

$$\alpha_1 = -10 \lg \left[e^{\frac{-\delta^2}{w^2}} \right], \text{ дБ}, \quad (3.6.2)$$

где δ - величина максимального радиального смещения двух ОВ, $\delta = 1,138$ мкм;

w – параметр, определяющий диаметр моды ООВ, $w = 10$ мкм.

$$\alpha_1 = -10 \lg \left[e^{\frac{-1,138^2}{10^2}} \right] = 0,056 \text{ (дБ)}$$

Из-за того, что в паспортных данных ОВ не приводится величина ПП, расчёт потерь из-за углового рассогласования вызывает определённые трудности. Поэтому принимаем $\alpha_2 = 0,35$ дБ.

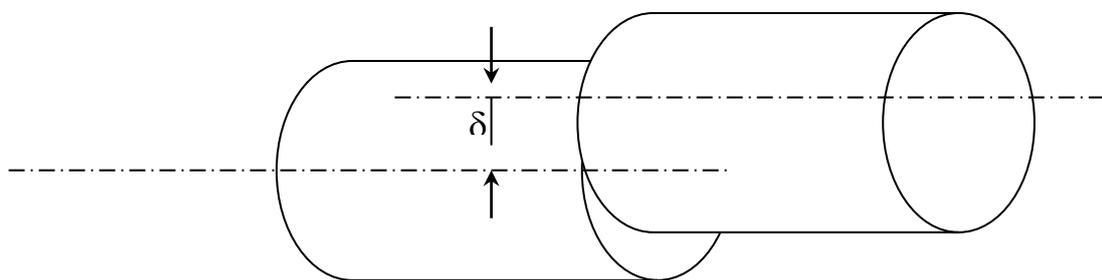


Рис. 3.6.1 Радиальное смещение ОВ

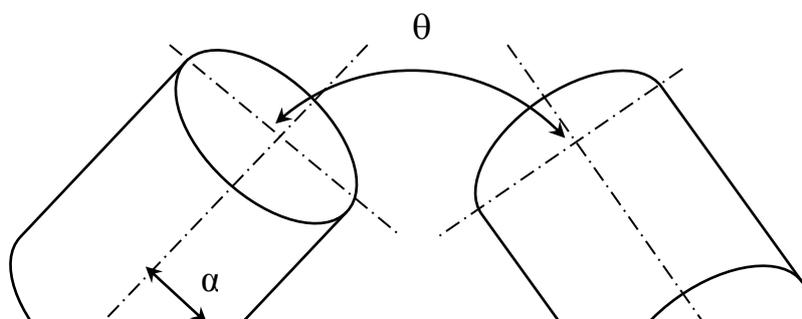


Рис. 3.6.2 Угловое рассогласование ОВ

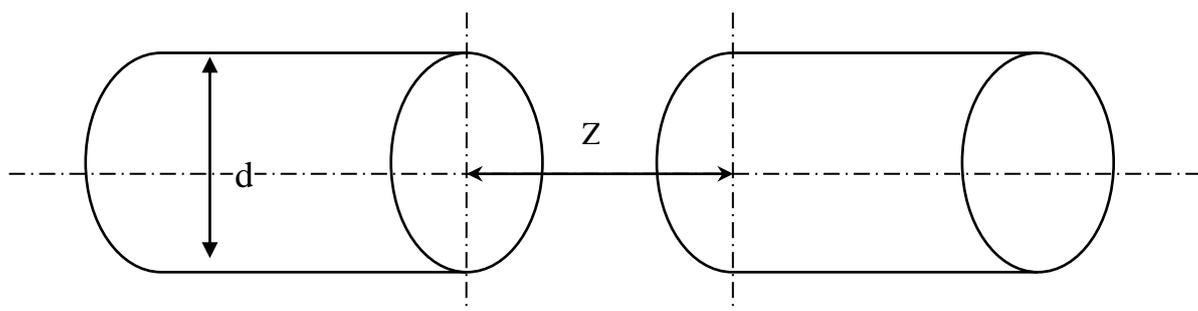


Рис. 3.6.3 Осевое рассогласование ОВ

Оптические потери в разъёмных соединителях увеличиваются также в результате осевого рассогласования. Для расчёта потерь из-за осевого рассогласования можно воспользоваться следующей формулой:

$$\alpha_z = -10 \lg \left(1 - Z \cdot \operatorname{tg} \frac{\Theta_a}{2d} \right), \text{ дБ}, \quad (3.6.3)$$

где: Z – максимальное расстояние между торцами ОВ;

d – диаметр ОВ;

Θ_a – аппертурный угол.

Для достижения малых величин потерь для одномодового оптического волокна можно принять максимальное значение $Z = 2,95$. $\Theta_a = 5,336^\circ$.

$$\alpha_z = -10 \lg \left(1 - 2,95 \cdot \operatorname{tg} \frac{5,336^\circ}{2 \cdot 10} \right) = 0,01 \text{ (дБ)},$$

Неучтённые потери в разъёмном соединителе можно принять равным $\alpha_4 = 0,01$ дБ.

При существующих технологиях потери в разъёмном соединителе не превышают величины

$$\alpha_p = a_1 + a_2 + a_3 + a_4 \leq 0,5 \text{ дБ},$$

$$\alpha_p = 0,056 + 0,35 + 0,01 = 0,426 \leq 0,5 \text{ (дБ)}$$

А в неразъёмных соединителях не более $\alpha_H \leq 0,1$ дБ.

3.7 Расчет оценки качества работы ВОЛС

В современных экономических условиях проблема надежности в отрасли связи становится все более актуальной, так как непосредственно влияет на экономические показатели как предприятий связи, так и всех тех, кто пользуется их услугами. Отказ в предоставлении услуг из-за неработоспособности технических средств – это упущенный доход, а в каких-то случаях и прямые убытки из-за предъявленных пользователем штрафных санкций.

При планировании сетей связи необходимо учитывать экономические потери из-за надежности, которые несет как администрация связи, так и пользователи.

В предшествующие годы надежности средств связи в нашем государстве не уделялось должного внимания. Основной упор делался на обеспечение связью высшего партийно-государственного аппарата и силовых министерств и ведомств. Интересы народнохозяйственных, а тем более индивидуальных пользователей учитывались слабо.

Кроме того, нормирование надежности в отрасли связи недостаточного согласовывалось с деятельностью в этой области междугородных организаций в частности ИТУ-Т. В настоящее время в связи со значительным расширением международного информационного обмена, необходимостью поддержания сложившихся связей со странами зарубежья, появлением в нашей стране большого числа представительств иностранных фирм и совместных предприятий такое положение становится неприемлемым, поэтому требуется согласование отечественных нормативных документов с международными. В ряде случаев прямое применение в качестве нормативных документов меж-

дународных документов международных стандартов, правил, норм и рекомендаций

Первичная сеть, представляющая собой совокупность типовых физических целей, типовых каналов передачи и сетевых трактов, образована на базе сетевых узлов, сетевых станций, оконечных устройств и соединяющих их линий передачи. Ее назначением является передача информации, обеспечение вторичных сетей и других пользователей каналами и трактами.

С учетом данного определения вытекает целесообразность определения.

Надежность первичной сети – свойство первичной сети сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров типовых физических целей, типовых каналов передачи и сетевых трактов, характеризующих их способность к передаче сигналов электросвязи в заданных режимах и условиях применения и технического обслуживания.

Основной задачей системы технического обслуживания оптических кабельных магистралей является обеспечение качественной и бесперебойной работы трактов и каналов связи. Данная задача решается в условиях воздействия на ВОЛС различных дестабилизирующих факторов, приводящих к появлению неисправностей, ухудшающих качество передачи информации к отказам связи в части каналов, отдельных трактов или к полному прекращению связи по ВОЛС.

Отказы и неисправности ВОЛС возникают в любой произвольный момент, образуя во времени случайный процесс – поток отказов.

Одним из основных параметров оценки качества работы ВОЛС является плотность повреждений m , приходящихся на 100 км трассы в год:

$$m = \frac{100 * N}{k * L},$$

где N – число отказов на ВОЛС длиной L км за k лет.

Кроме плотности повреждений важной характеристикой эффективности и качества работы ВОЛС является интенсивность отказов, определяемая средней плотностью отказов на 1 км трассы ВОЛС в час:

$$\lambda = \frac{m}{8760 * 100},$$

где 8760 – число часов в году;

100 – длина трассы, при которой определяется значение m .

Для однотипной ВОЛС протяженностью L при постоянных условиях эксплуатации интенсивность потока отказов вычисляется по формуле:

$$\partial = \lambda * L$$

по аналогии с обычными кабельными магистралями можно принять, что вероятность безотказной работы за время t определяется показательной функцией:

$$\Phi(t) = \partial * e^{-\partial * t}$$

Плотность распределения этой величины подчиняется закону Пуассона:

$$P(t) = \partial * e^{-\partial * t}$$

в связи с отсутствием экспериментальных данных о длительности эксплуатации ВОЛС можно воспользоваться средними значениями для обычных кабельных магистралей. Данное предположение основано на идентичности основных причин возникновения отказов. На обоих типах магистрали отказы возникают в результате внешних воздействий или из-за внутренних причин, статистика которых характеризуется следующими данными:

- механические повреждения от земельных работ – 31 %;
- ошибки строительства и эксплуатации – 9%;
- грозы – 17%;
- сели, землетрясения, обвалы, вибрации грунта – 7%;
- прочие причины – 6%.

среднестатистическое число отказов на обычных магистралах за 15 лет составляет 1,7 то для ВОЛС синхронной сети можно прогнозировать это число равным 1,1.

По вышеприведенным формулам имеем:

$$m = \frac{100 * 1.1}{15 * 1224} = 5,9 * 10^{-3}$$

интенсивность отказов:

$$\lambda = \frac{5,9 * 10^{-3}}{100 * 8760} = 1,067 * 10^{-8}$$

интенсивность потока отказов:

$$\partial = 1,067 * 10^{-8} * 1224 = 13,06 * 10^{-6}$$

вероятность безотказной работы за время t:

$$\Phi(t) = e^{-\partial * t} = e^{-13,06 * 10^{-6} * 0} = 1$$

$$\Phi(t) = e^{-\partial * t} = e^{-13,06 * 10^{-6} * 1} = 0,999992$$

$$\Phi(t) = e^{-\partial * t} = e^{-13,06 * 10^{-6} * 2} = 0,999975$$

$$\Phi(t) = e^{-\partial * t} = e^{-13,06 * 10^{-6} * 5} = 0,999955$$

$$\Phi(t) = e^{-\partial * t} = e^{-13,06 * 10^{-6} * 8} = 0,999935$$

$$\Phi(t) = e^{-\partial * t} = e^{-13,06 * 10^{-6} * 10} = 0,999913$$

$$\Phi(t) = e^{-\partial * t} = e^{-13,06 * 10^{-6} * 15} = 0,999865$$

$$\Phi(t) = e^{-\partial * t} = e^{-13,06 * 10^{-6} * 20} = 0,999821$$

Сведем полученные результаты безотказной работы за время t в таблицу

Таблица 3.7.1 Время безотказной работы

t, лет	0	1	2	5
$\Phi(t)$	1	0,999992	0,999975	0,999955
t, лет	8	10	15	20
$\Phi(t)$	0,999935	0,999913	0,999865	0,999821

Плотность распределения показателей функции подчиняется закону

Пуассона:

$$P(t) = \partial * e^{-\partial * t}$$

$$P(t) = 13.06 * 10^{-6} * e^{-13.06 * 10^{-6} * 0} = 13.06 * 10^{-6}$$

$$P(t) = 13.06 * 10^{-6} * e^{-13.06 * 10^{-6} * 1} = 13.35993 * 10^{-6}$$

$$P(t) = 13.06 * 10^{-6} * e^{-13.06 * 10^{-6} * 2} = 13.35986 * 10^{-6}$$

$$P(t) = 13.06 * 10^{-6} * e^{-13.06 * 10^{-6} * 5} = 13.35965 * 10^{-6}$$

$$P(t) = 13.06 * 10^{-6} * e^{-13.06 * 10^{-6} * 8} = 13.35944 * 10^{-6}$$

$$P(t) = 13.06 * 10^{-6} * e^{-13.06 * 10^{-6} * 10} = 13.3593 * 10^{-6}$$

$$P(t) = 13.06 * 10^{-6} * e^{-13.06 * 10^{-6} * 15} = 13.35895 * 10^{-6}$$

$$P(t) = 13.06 * 10^{-6} * e^{-13.06 * 10^{-6} * 20} = 13.3586 * 10^{-6}$$

Сведем полученные результаты закона Пуассона в таблицу

Таблица 3.7.2 Срок службы по закону Пуассона

t , лет	0	1	2	5
P(t)	$13.06 * 10^{-6}$	$13.35993 * 10^{-6}$	$13.35986 * 10^{-6}$	$13.35965 * 10^{-6}$
t , лет	8	10	15	20
P(t)	$13.35944 * 10^{-6}$	$13.3593 * 10^{-6}$	$13.35895 * 10^{-6}$	$13.3586 * 10^{-6}$

3.8 Расчет длины регенерационного участка

Расчет длины регенерационного участка (ℓ_p) является важным разделом проектирования. Для обеспечения лучшего качества передачи информации и экономии затрат предпочтительнее, чтобы ℓ_p была максимальной. Величина ℓ_p , в основном, определяется двумя факторами: потерями и дисперсией в оптическом кабеле. Наиболее перспективными в этом отношении являются системы с одномодовыми волоконными световодами (ВС) и длиной волны, равной 1,3 . . . 1,55 мкм, которые при малых потерях позволяют получить высокую информационную емкость. Определение длины регенерационного участка ВОЛС производится на основе заданных

параметров качества связи и пропускной способности линии после того, как выбрана типовая система передачи и оптический кабель. Качество связи в цифровых системах передачи в первом приближении определяется уровнем флуктуационных шумов на входе фотоприемника и межсимвольной интерференцией, то есть перекрытием импульсов при их уширении. С ростом длины линии уширение импульсов, характеризуемое величиной $\tau_{рез} \times \ell_p$, увеличивается, вероятность ошибки возрастает. Таким образом, длина регенерационного участка ℓ_p ограничивается либо затуханием, либо уширением импульсов в линии.

Для безискаженного приема ИКМ сигналов достаточно выполнить требование:

$$\tau_0 + \tau_{рез} \times \ell_p < T , \quad (3.8.1)$$

где T – длительность тактового интервала ИКМ сигнала ;

τ_0 – длительность импульса;

$\tau_{рез}$ – результирующая дисперсия

или

$$\tau_0 + \tau_{рез} \times \ell_p \leq \frac{1}{F_T} , \quad (3.8.2)$$

где F_T - тактовая частота линейного сигнала.

Если длительность паузы равна длительности посылки, то:

$$\tau_{рез} \times \ell_p \leq \frac{1}{F_T} , \quad (3.8.3)$$

то есть уширение импульса , прошедшего световод одного участка ℓ_p , не превышает половины длительности тактового интервала. Эти усло-

вия определяют первые расчетные соотношения для определения допустимой длины регенерационного участка:

$$\ell_p \leq \frac{1}{F_T \times \tau_{рез}} - \frac{\tau_0}{\tau_{рез}}, \quad (3.8.4)$$

или

$$\ell_p \leq \frac{1}{2F_T \times \tau_{рез}}, \quad (3.8.5)$$

где $\tau_{рез}$ - результирующая дисперсия, поскольку выбран одномодовый кабель, то модовую дисперсию не рассматриваем. В одномодовых оптических волокнах результирующее значение дисперсии определяется хроматической дисперсией:

$$\tau_{xp} = \tau_m + \tau_v, \quad (3.8.6)$$

которая в свою очередь делится на:

- материальную дисперсию;
- волновую (внутримодовую) дисперсию.

Материальная дисперсия (τ_m) - зависимость показателя преломления материала от длины волны. С ростом длины волны коэффициент дисперсии уменьшается:

$$\tau_m = \Delta \lambda_u + M(x) = 1,8 \times (-20) \times 10^{-12} = -36 \times 10^{-12} = -36 \frac{нс}{км \times нм}, \quad (3.8.7)$$

где $\Delta \lambda$ - ширина спектральной линии источника излучения, равная $0,1 \div 4$ нм для лазера. По техническим данным на нашу аппаратуру $\Delta \lambda = 1,8$ нм;

$M(\lambda)$ – удельная материальная дисперсия для кварцевого стекла равна

$$20 \frac{нс}{км \times нм}$$

Волновая дисперсия (τ_ϵ) - зависимость коэффициента распространения от длины волны:

$$\tau_\epsilon = \Delta \lambda_u + B(\lambda) = 1,8 \times 10 \times 10^{-12} = 18 \times 10^{-12} = 18 \frac{нс}{км \times нм}, \quad (3.8.8)$$

где $B(\lambda)$ – удельная волновая дисперсия, для кварцевого стекла равна $10 \frac{нс}{км \times нм}$.

Суммируя волноводную и материальную дисперсии, получим хроматическую или результирующую дисперсию:

$$\tau_{рез} = \tau_{хр} = \tau_M + \tau_\epsilon = -36 + 18 = |18| \frac{нс}{км \times нм}. \quad (3.8.9)$$

Эта величина близка к техническим данным аппаратуры и кабеля.

Найдем допустимую длину регенерационного участка:

$$\ell_p \leq \frac{1}{2 \times 34,368 \times 10^6 \times 18 \times 10^{-12}} \leq 808,24 км.$$

Второе расчетное соотношение можно получить, учитывая, что мощность полезного сигнала на входе фотоприемника не должна быть меньше заданной минимально допустимой мощности $P_{пр.мин}$, при которой обеспечивается необходимая достоверность передачи сигнала:

$$P_{пр.мин} \leq P_{пер} - \alpha_{вх} - 2\alpha_{рс} - \left(\frac{\ell_p}{\ell_{сд}} - 1 \right) \times \alpha_{нс} - \alpha \times \ell_p - \alpha_{вых}, \quad (3.8.10)$$

где $P_{пер}$ - уровень мощности генератора излучения, $дБ \times м$;
 $\alpha_{рс}$ - потери в разъемном соединении, $дБ$ (используются для подключения приемника и передатчика к ОК);
 $\alpha_{вх}, \alpha_{вых}$ - потери при вводе и выводе излучения из волокна, $дБ$;
 $\alpha_{нс}$ - потери в неразъемных соединениях, $\frac{дБ}{км}$;
 α - коэффициент ослабления оптического волокна, $\frac{дБ}{км}$;
 $l_{сд}$ - строительная длина ОК, $км$.

Величина :

$$Q = P_{пер} - \alpha_{вх} - \alpha_{вых} - P_{пр.мин}, \quad (3.8.11)$$

носит название энергетического потенциала аппаратуры и определяется типом выбранного источника излучения и фотоприемника.

Энергетический потенциал берем из паспортных данных на выбранную аппаратуру. Она равна $Q = 31 дБ$.

Длину максимального регенерационного участка, определяемого ослаблением линии можно получить из соотношения:

$$l_p \leq \frac{Q - m + \alpha_{нс} - 2\alpha_{рс}}{\alpha_{нс} + \alpha \times l_{сд}} l_{сд}, \quad (3.8.12)$$

где $P_{пер}$ - среднее значение, равное плюс 6 $дБ$;

$\alpha_{рс}$ - 0,5 $дБ$;

$\alpha_{вх}, \alpha_{вых}$ - 1,0 $дБ$;

$\alpha_{нс}$ - 0,1 $дБ$;

α - 0,22 $\frac{дБ}{км}$;

$\ell_{cd} - 4 \text{ км};$

$P_{пр.мин} - (-36) \text{ дБ}$ (для выбранного типа фотоприемника);

m - системный запас ВОСП по затуханию на участка регенерации.

Системный запас учитывает изменение состава оптического кабеля за счет появления дополнительных (ремонтных) вставок, сварных соединений, а также изменения характеристик оптического кабеля, вызванных воздействием окружающей среды и ухудшением качества оптических соединителей в течение срока службы, и устанавливается при проектировании ВОСП, исходя из ее назначения и условий эксплуатации оператором связи, в частности, исходя из статистики повреждения (обрывов) кабеля в зоне действия оператора. Рекомендуемый диапазон устанавливаемых значений системного запаса от 2 дБ (наиболее благоприятные условия эксплуатации) до 6 дБ (наихудшие условия эксплуатации).

Эти данные взяты из технического паспорта на аппаратуру.

Определяем максимальную длину регенерационного участка:

$$\ell_p \leq \frac{31 - 6 + 0,1 - 2 \times 0,5}{0,1 + 0,22 \times 4} \times 4 = 98,4 \text{ км}.$$

Таким образом, для одномодового волокна длина регенерационного участка зависит от ослабления сигнала, но по расчету выполняется с некоторым запасом, поэтому больше чем в технических данных на оборудование завода-изготовителя, что может быть, так как расчет поверочный. Возможно, не были учтены какие-нибудь параметры, измененные заводом-изготовителем в процессе проектирования или технологии изготовления, что возможно, является коммерческой тайной, применения кабеля с меньшим затуханием.

4 ОХРАНА ТРУДА

Основные действия оператора СПД, реализующего проект – настройка сетевого оборудования. В связи с этим основное внимание уделяется рабочему месту оператора.

Данный раздел дипломного проекта посвящен рассмотрению следующих вопросов:

- определение оптимальных условий труда оператора (администратора), выполняющего настройку операционной системы для реализации проекта;
- проверка соблюдения правил освещения производственного помещения;
- расчет уровня шума.

Параметры освещенности и уровня шума являются важнейшими для ИВЦ как впрочем, и для любой другой организации, чья деятельность связана с вычислительной техникой. Одним из неблагоприятных факторов производственной среды в ИВЦ является высокий уровень шума, создаваемый печатными устройствами, оборудованием для кондиционирования воздуха, венти-

ляторами систем охлаждения в самих ЭВМ, а если еще учесть то, что в кабинетах располагается по 1-2 рабочих мест, мониторинг и нормирование шума становится просто необходимым.

В ИВЦ в основном используются люминесцентные лампы дневного света. Поэтому правильно спроектированное и выполненное производственное освещение улучшает условия зрительной работы, снижает утомляемость, способствует повышению производительности труда, благотворно влияет на производственную среду, оказывая положительное психологическое воздействие на работников, повышает безопасность труда и снижает травматизм.

4.1 Характеристика условий труда оператора СПД

В настоящее время компьютерная техника широко применяется во всех областях деятельности человека. При работе с компьютером человек подвергается воздействию ряда опасных и вредных производственных факторов: электромагнитных полей, инфракрасного и ионизирующего излучений, шума и вибрации, статического электричества и др.

Работа с компьютером характеризуется значительным умственным напряжением и нервно-эмоциональной нагрузкой операторов, высокой напряженностью зрительной работы и достаточно большой нагрузкой на мышцы рук при работе с клавиатурой ЭВМ. Большое значение имеет рациональная конструкция и расположение элементов рабочего места, что важно для поддержания оптимальной рабочей позы человека-оператора.

В процессе работы с компьютером необходимо соблюдать правильный режим труда и отдыха. В противном случае у персонала отмечаются значительное напряжение зрительного аппарата с появлением жалоб на неудовлетворенность работой, головные боли, раздражительность, нарушение сна, усталость и болезненные ощущения в глазах, в пояснице, в области шеи и руках.

4.2 Требования к производственным помещениям

Окраска помещений и мебели должна способствовать созданию благоприятных условий для зрительного восприятия, хорошего настроения.

Источники света, такие как светильники и окна, которые дают отражение от поверхности экрана, значительно ухудшают точность знаков и влекут за собой помехи физиологического характера, которые могут выразиться в значительном напряжении, особенно при продолжительной работе. Отражение, включая отражения от вторичных источников света, должно быть сведено к

минимуму. Для защиты от избыточной яркости окон могут быть применены шторы и экраны.

В зависимости от ориентации окон рекомендуется следующая окраска стен и пола:

окна ориентированы на юг: - стены зеленовато-голубого или светло-голубого цвета; пол - зеленый;

окна ориентированы на север: - стены светло-оранжевого или оранжево-желтого цвета; пол - красновато-оранжевый;

окна ориентированы на восток: - стены желто-зеленого цвета; пол зеленый или красновато-оранжевый;

окна ориентированы на запад: - стены желто-зеленого или голубовато-зеленого цвета; пол зеленый или красновато-оранжевый.

В помещениях, где находится компьютер, необходимо обеспечить следующие величины коэффициента отражения: для потолка: 60...70%, для стен: 40...50%, для пола: около 30%. Для других поверхностей и рабочей мебели: 30...40%.

Согласно СанПиН 2.2.2/2.4.1340-07 площадь на одно рабочее место пользователей ПЭВМ с мониторами на базе плоских дискретных экранов (жидкокристаллические, плазменные) должна составлять не менее 4,5м². Используется помещение площадью 15 м² для 2-х человек.

4.3 Освещение

Недостаточность освещения приводит к напряжению зрения, ослабляет внимание, приводит к наступлению преждевременной утомленности. Чрезмерно яркое освещение вызывает ослепление, раздражение и резь в глазах. Неправильное направление света на рабочем месте может создавать резкие тени, блики, дезориентировать работающего. Все эти причины могут привести к несчастному случаю или профзаболеваниям, поэтому столь важен правильный расчет освещенности.

Существует три вида освещения - естественное, искусственное и совмещенное (естественное и искусственное вместе).

Естественное освещение - освещение помещений дневным светом, проникающим через световые проемы в наружных ограждающих конструкциях помещений. Естественное освещение характеризуется тем, что меняется в широких пределах в зависимости от времени дня, времени года, характера области и ряда других факторов.

Искусственное освещение применяется при работе в темное время суток и днем, когда не удастся обеспечить нормированные значения коэффициента естественного освещения (пасмурная погода, короткий световой день). Освещение, при котором недостаточное по нормам естественное освещение дополняется искусственным, называется совмещенным освещением.

Искусственное освещение подразделяется на рабочее, аварийное, эвакуационное, охранное. Рабочее освещение, в свою очередь, может быть общим или комбинированным.

Общее - освещение, при котором светильники размещаются в верхней зоне помещения равномерно или применительно к расположению оборудования.

Комбинированное - освещение, при котором к общему добавляется местное освещение.

При выполнении работ категории высокой зрительной точности (наименьший размер объекта различения 0,3...0,5 мм) величина коэффициента естественного освещения (КЕО) должна быть не ниже 1,5%, а при зрительной работе средней точности (наименьший размер объекта различения 0,5...1,0 мм) КЕО должен быть не ниже 1,0 %. В качестве источников искусственного освещения обычно используются люминесцентные лампы типа ЛБ или ДРЛ, которые попарно объединяются в светильники, которые должны располагаться над рабочими поверхностями равномерно.

Требования к освещенности в помещениях, где установлены компьютеры, следующие: при выполнении зрительных работ высокой точности общая освещенность должна составлять 300 лк, а комбинированная - 750 лк; аналогичные требования при выполнении работ средней точности - 200 и 300 лк соответственно.

Кроме того, все поле зрения должно быть освещено достаточно равномерно – это основное гигиеническое требование. Степень освещения помещения и яркость экрана компьютера должны быть примерно одинаковыми, т.к. яркий свет в районе периферийного зрения значительно увеличивает напряженность глаз и, как следствие, приводит к их быстрой утомляемости (табл. 1).

Таблица 4.1 – Визуальные параметры ВДТ, контролируемые на рабочих местах (согласно СанПиН 2.2.2/2.4.1340-07)

Таблица 4.1. Визуальные параметры ВДТ

N	Параметры	Допустимые значения
1	Яркость белого поля	Не менее 35 кд/кв.м
2	Неравномерность яркости рабочего поля	Не более 20%
3	Контрастность (для монохромного режима)	Не менее 3:1
4	Временная нестабильность изображения (мелькания)	Не должна фиксироваться
5	Пространственная нестабильность изображения (дрожание)	Не более 2 10-4L, где L- проектное расстояние наблюдения, мм

Современные мониторы не требуют настройки указанных параметров. При необходимости они легко настраиваются с помощью встроенного меню. Требования к микроклимату в помещении администратора

Параметры микроклимата в помещениях, где используются ПЭВМ, приведены в табл. 4.2.

Таблица 4.2 – Оптимальные параметры микроклимата во всех типах учебных и дошкольных помещений с использованием ПЭВМ (согласно СанПиН 2.2.2/2.4.1340-07)

Таблица 4.2.

Температура, С	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с
19	62	<0,1
20	58	<0,1
21	55	<0,1

Помещение для работников ИВЦ удовлетворяет этим требованиям.

4.4 Электромагнитное и ионизирующее излучения

Допустимые значения параметров неионизирующих электромагнитных излучений от монитора компьютера представлены в таблице

Максимальный уровень рентгеновского излучения на рабочем месте оператора компьютера обычно не превышает 10 мкбэр/ч, а интенсивность ультрафиолетового и инфракрасного излучений от экрана монитора лежит в пределах 10...100 мВт/м². Допустимые уровни ЭМП перечислены в табл. 4.3.

Таблица 4.3 – Временные допустимые уровни ЭМП, создаваемых ПЭВМ на рабочих местах (согласно СанПиН 2.2.2/2.4.1340-07)

Таблица 4.3.

Наименование параметров		ВДУ
Напряженность электрического поля	в диапазоне частот 5 Гц - 2 кГц	25 В/м
	в диапазоне частот 2 кГц - 400 кГц	2,5 В/м
Плотность магнитного потока	в диапазоне частот 5 Гц - 2 кГц	250 нТл
	в диапазоне частот 2 кГц - 400 кГц	25 нТл
Напряженность электростатического поля		15 кВ/м

4.5 Эргономические требования к рабочему месту

Рабочее место и взаимное расположение всех его элементов должно соответствовать антропометрическим, физическим и психологическим требованиям. Большое значение имеет также характер работы. В частности, при организации рабочего места программиста должны быть соблюдены следующие основные условия: оптимальное размещение оборудования, входящего в состав рабочего места и достаточное рабочее пространство, позволяющее осуществлять все необходимые движения и перемещения.

Эргономическими аспектами проектирования видеотерминальных рабочих мест, в частности, являются: высота рабочей поверхности, размеры пространства для ног, требования к расположению документов на рабочем месте (наличие и размеры подставки для документов, возможность различного размещения документов, расстояние от глаз пользователя до экрана, документа, клавиатуры и т.д.), характеристики рабочего кресла, требования к поверхности рабочего стола, регулируемость элементов рабочего места.

Главными элементами рабочего места программиста являются стол и кресло. Основным рабочим положением является положение сидя.

Рабочая поза сидя вызывает минимальное утомление программиста. Рациональная планировка рабочего места предусматривает четкий порядок и постоянство размещения предметов, средств труда и документации. То, что требуется для выполнения работ чаще, расположено в зоне легкой досягаемости рабочего пространства.

Моторное поле - пространство рабочего места, в котором могут осуществляться двигательные действия человека.

Максимальная зона досягаемости рук - это часть моторного поля рабочего места, ограниченного дугами, описываемыми максимально вытянутыми руками при движении их в плечевом суставе (рис. 4.1).

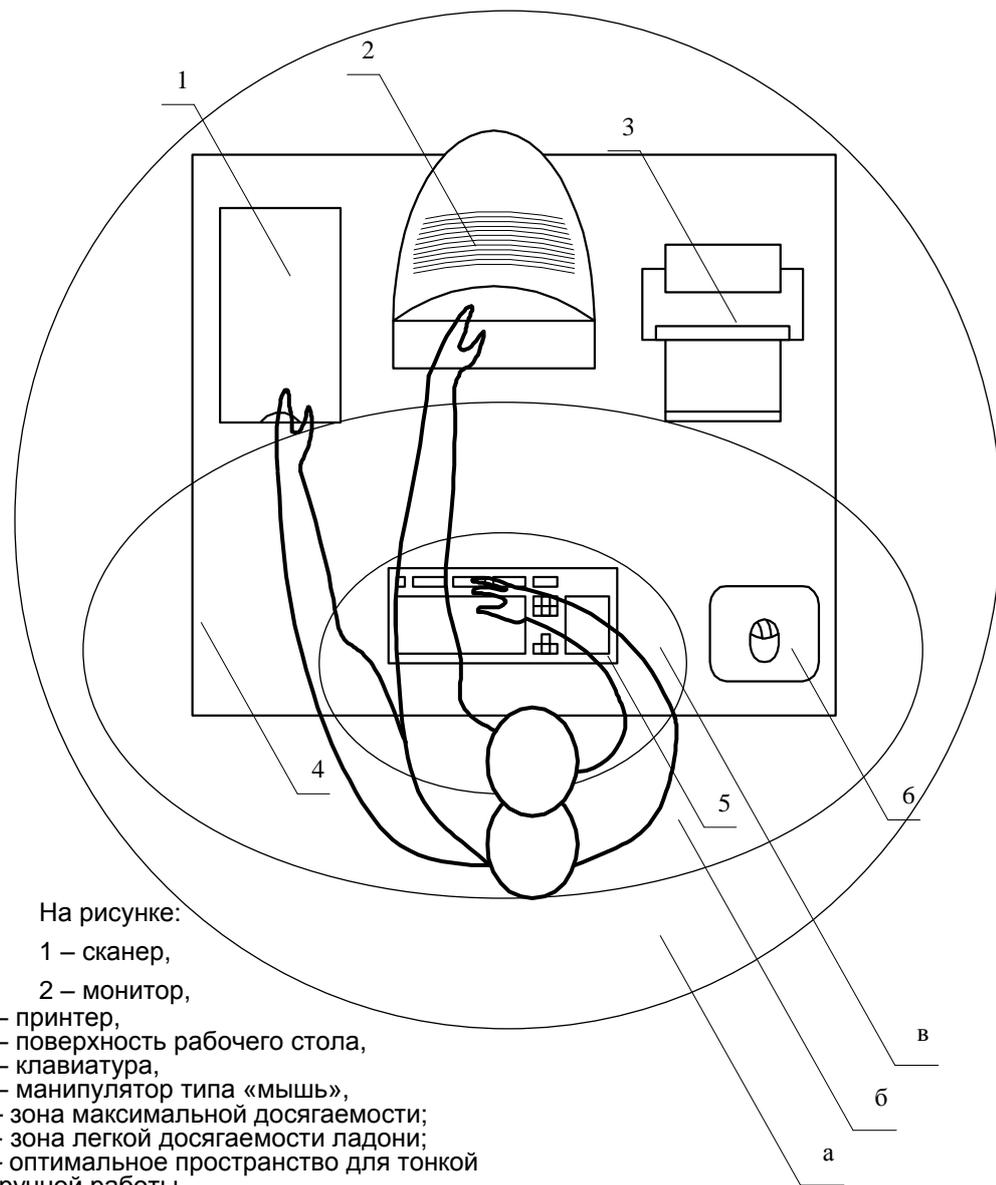


Рис. 4.1 – Зоны досягаемости рук в горизонтальной плоскости

Оптимальная зона - часть моторного поля рабочего места, ограниченно-го дугами, описываемыми предплечьями при движении в локтевых суставах с опорой в точке локтя и с относительно неподвижным плечом.

Оптимальное размещение предметов труда и документации в зонах досягаемости:

Дисплей размещается в зоне «а» (в центре);

Системный блок размещается в предусмотренной нише стола;

Клавиатура - в зоне «г» («д»);

Мышь - в зоне «в» справа;

Сканер в зоне «а» («б») (слева);

Принтер находится в зоне «а» (справа);

Документация: необходимая при работе - в зоне легкой досягаемости ладони – «в», а в выдвижных ящиках стола - литература, неиспользуемая постоянно.

На рисунке также показан пример размещения основных и периферийных составляющих ПК на рабочем столе программиста.

Для комфортной работы стол должен удовлетворять следующим условиям:

- высота стола должна быть выбрана с учетом возможности сидеть свободно, в удобной позе, при необходимости опираясь на подлокотники;
- нижняя часть стола должна быть сконструирована так, чтобы программист мог удобно сидеть, не был вынужден поджимать ноги;
- поверхность стола должна обладать свойствами, исключающими появление бликов в поле зрения программиста;
- конструкция стола должна предусматривать наличие выдвижных ящиков (не менее 3 для хранения документации, листингов, канцелярских принадлежностей).
- высота рабочей поверхности рекомендуется в пределах 680-760 мм. Высота поверхности, на которую устанавливается клавиатура, должна быть около 650 мм.

Рекомендуемая высота сиденья над уровнем пола находится в пределах 420-550 мм. Поверхность сиденья мягкая, передний край закругленный, а угол наклона спинки - регулируемый.

Необходимо предусматривать при проектировании возможность различного размещения документов: сбоку от видеотерминала, между монитором и клавиатурой и т.п. Кроме того, в случаях, когда видеотерминал имеет низкое качество изображения, например заметны мелькания, расстояние от глаз до экрана делают больше (около 700 мм), чем расстояние от глаза до документа (300-450 мм). Вообще при высоком качестве изображения на видеотерминале расстояние от глаз пользователя до экрана, документа и клавиатуры может быть равным.

Положение экрана определяется:

- расстоянием считывания (0,6...0,7 м);
- углом считывания, направлением взгляда на 20° ниже горизонтали к центру экрана, причем экран перпендикулярен этому направлению.

Должна также предусматриваться возможность регулирования экрана:

- по высоте +3 см;
- по наклону от -10° до $+20^\circ$ относительно вертикали;
- в левом и правом направлениях.

Большое значение также придается правильной рабочей позе пользователя. При неудобной рабочей позе могут появиться боли в мышцах, суставах и сухожилиях. Требования к рабочей позе пользователя видеотерминала следующие:

- голова не должна быть наклонена более чем на 20° ,
- плечи должны быть расслаблены,
- локти - под углом $80^\circ \dots 100^\circ$,
- предплечья и кисти рук - в горизонтальном положении.

Причина неправильной позы пользователей обусловлена следующими факторами: нет хорошей подставки для документов, клавиатура находится слишком высоко, а документы - низко, некуда положить руки и кисти, недостаточно пространство для ног.

В целях преодоления указанных недостатков даются общие рекомендации: лучше передвижная клавиатура; должны быть предусмотрены специальные приспособления для регулирования высоты стола, клавиатуры и экрана, а также подставка для рук.

Существенное значение для производительной и качественной работы на компьютере имеют размеры знаков, плотность их размещения, контраст и соотношение яркостей символов и фона экрана. Если расстояние от глаз оператора до экрана дисплея составляет 60...80 см, то высота знака должна быть не менее 3 мм, оптимальное соотношение ширины и высоты знака составляет 3:4, а расстояние между знаками – 15...20% их высоты. Соотношение яркости фона экрана и символов - от 1:2 до 1:15.

Во время пользования компьютером медики советуют устанавливать монитор на расстоянии 50-60 см от глаз. Специалисты также считают, что верхняя часть видеодисплея должна быть на уровне глаз или чуть ниже. Когда человек смотрит прямо перед собой, его глаза открываются шире, чем когда он смотрит вниз. За счет этого площадь обзора значительно увеличивается, вызывая обезвоживание глаз. К тому же если экран установлен высоко, а глаза широко открыты, нарушается функция моргания. Это значит, что глаза не закрываются полностью, не омываются слезной жидкостью, не получают достаточного увлажнения, что приводит к их быстрой утомляемости.

Создание благоприятных условий труда и правильное эстетическое оформление рабочих мест на производстве имеет большое значение, как для облегчения труда, так и для повышения его привлекательности, положительно влияющей на производительность труда.

4.6 Режим труда

При несоблюдении правильного режима труда и отдыха у персонала отмечаются значительное напряжение зрительного аппарата с появлением жалоб на неудовлетворенность работой, головные боли, раздражительность, нарушение сна, усталость и болезненные ощущения в глазах, в пояснице, в области шеи и руках.

Эффективность перерывов повышается при сочетании с производственной гимнастикой или организации специального помещения для отдыха персонала с удобной мягкой мебелью, аквариумом, зеленой зоной и т.п.

4.7 Оценка соответствия освещения нормам

Освещение производственного помещения является одной из самых главных задач по обеспечению охраны труда. Диспетчер по охране труда

ИВЦ отвечает за соответствие нормам и правилам показателей освещенности (и других).

Помещение площадью 15 м² для двух человек оборудовано 8-ью люминесцентными лампами типа ЛБ40-1, имеет 3 окна, обращенных на север. Также на рабочих столах установлено по одной лампе дневного света. Освещение помещения оператора СПД соответствует нормам.

4.8 Расчет уровня шума

Шум ухудшает условия труда, оказывая вредное действие на организм человека. Работающие в условиях длительного шумового воздействия испытывают раздражительность, головные боли, головокружение, снижение памяти, повышенную утомляемость, понижение аппетита, боли в ушах и т. д. Такие нарушения в работе ряда органов и систем организма человека могут вызвать негативные изменения в эмоциональном состоянии человека вплоть до стрессовых. Под воздействием шума снижается концентрация внимания, нарушаются физиологические функции, появляется усталость в связи с повышенными энергетическими затратами и нервно-психическим напряжением, ухудшается речевая коммутация. Все это снижает работоспособность человека и его производительность, качество и безопасность труда.

Уровень шума на рабочем месте программиста не должен превышать 50 дБА, а в залах обработки информации на вычислительных машинах - 65 дБА. Для снижения уровня шума стены и потолок помещений, где установлены компьютеры, могут быть облицованы звукопоглощающими материалами. Уровень вибрации в помещениях вычислительных центров может быть снижен путем установки оборудования на специальные виброизоляторы.

Для решения вопросов о необходимости и целесообразности снижения шума необходимо знать уровни шума на рабочем месте оператора СПД.

Уровень шума, возникающий от нескольких некогерентных источников, работающих одновременно, подсчитывается на основании принципа энергетического суммирования излучений отдельных источников:

$$L_{\Sigma} = 10 \lg \sum_{i=1}^{i=n} 10^{0,1L_i}, \quad (4.1)$$

где L_i – уровень звукового давления i -го источника шума;
 n – количество источников шума.

Полученные результаты расчета сравниваются с допустимым значением уровня шума для данного рабочего места. Если результаты расчета выше допустимого значения уровня шума, то необходимы специальные меры по сни-

жению шума. К ним относятся: облицовка стен и потолка зала звукопоглощающими материалами, снижение шума в источнике, правильная планировка оборудования и рациональная организация рабочего места оператора.

Уровни звукового давления источников шума, действующих на оператора на его рабочем месте представлены в табл. 4.4.

Таблица 4.4 – Уровни звукового давления различных источников

Источник шума	Уровень шума, дБ
Жесткий диск	40
Вентилятор	45
Монитор	17
Клавиатура	10
Принтер	45
Сканер	42

Обычно рабочее место оператора оснащено следующим оборудованием: винчестер в системном блоке, вентиляторы систем охлаждения ПК, монитор, клавиатура, принтер и сканер.

Подставив значения уровня звукового давления для каждого вида оборудования в формулу 1, получим:

$$L_{\Sigma} = 10 \cdot \lg (10^4 + 10^{4,5} + 10^{1,7} + 10^1 + 10^{4,5} + 10^{4,2}) = 49,5 \text{ дБ}$$

Полученное значение не превышает допустимый уровень шума для рабочего места оператора, равный 65 дБ, поэтому условия труда системного администратора не будут нарушены повышенным шумом компьютерной техники, и шумопоглощающих устройств не потребуется.

Вывод:

В данном разделе дипломной работы были изложены требования к рабочему месту оператора СПД. Созданные условия должны обеспечивать комфортную работу. Указаны оптимальные размеры рабочего стола и кресла, рабочей поверхности, проведен расчет уровня шума на рабочем месте. Освещение помещения оператора СПД соответствует нормам. При соблюдении данных условий в дальнейшем работа за персональным компьютером не будет создавать неприятных ощущений, что будет способствовать качеству труда.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Существующая первичная сеть связи железнодорожного транспорта Республики Узбекистан является аналого-цифровой на магистральных направлениях резервом создаваемой цифровой сети связи.
2. Особенности построения цифровой первичной сети является то, что по одной и той же линии передачи одновременно организуются все виды связи магистральных, региональных и отделенческих.
3. Система PDH имеет недостатки, такие, как затруднённый ввод/вывод цифровых потоков в промежуточных пунктах; отсутствие средств сетевого автоматического контроля и управления.
4. Надёжность сетей SDH обусловлена их способностью к самовосстановлению, возможностью поддержки потоков в широком диапазоне скоростей.
5. Синхронные мультиплексоры «GPT/SIEMENS» формируют потоки как синхронной, так и плезиохронной цифровой иерархии.
6. Интегрированная система железнодорожной линии связи на базе цифровой сети повышает безопасность движения, совершенствует технологическую связь, автоматизацию и мониторинг технологических процессов, повышает эффективность трансконтинентальных перевозок.
7. Кольцо, организуемое при помощи потоков SDH упрощает сеть, повышает надёжность, даёт гибкость управления сетью, простоту наращивания мощности.
8. Проведён расчёт порога чувствительности ПРОМ, затухания соединителей ОВ, регенерационного участка.
9. Разработаны методы и средства обеспечения нормальных микроклиматических условий в помещениях станции.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бирюков Н.Л., Стеклов В.К. Транспортные сети и системы электросвязи. Системы мультиплексирования–К.: Системы и сети, 2003.–352 с.
2. Гроднев И.И. Волоконно-оптические линии связи– М.: Радио и связь, 2007. – 224 с.
3. Крук Б.И., Нопантопуло В.Н, Шувалов В.Н. Телекоммуникационные системы и сети. В 3 томах. Том 1. – Современные технологии. – М.: Горячая линия – Телеком, 2003. – 647 с.
4. Слепов Н.Н. Синхронные цифровые сети SDH. – М.: Радио и связь, 2002.-327 с.
5. Бакланов И.Г. SDH, NGSDH: практический взгляд на развитие транспортных сетей. М.:Метротек,2006. – 736 с.
6. Скворцов Б.В., Иванов В.И., Крухмалев В.В. Оптические системы передачи. – М.: Радио и связь, 2004. – 224с.
- 7.Скляров О.К. Современные волоконно-оптические системы передачи, аппаратура и элементы. М.:Политех-4, 2004 – 234 с.
- 8.Сидоров Ю. П. Основы кондиционирования воздуха на предприятиях ж. д. Transporte. – М.: Транспорт 2004 г.-145с.
9. Карпов И. В., Климович С. Г., Хляпова Л. И. Экономика, организация и планирование хозяйства сигнализации и связи. - М.: Желдориздат, 2002-273с.
10. Таумина И.И., Оптическая связь. –М.: под ред. Таумина И.И., 1984-141с.
- 11.<http://www.ocs01.ru/catalog/code>
- 12.<http://www.connect.ru>
- 13.<http://www.scribd.com>