

# ТОШКЕНТ ТЕМИР ЙЎЛ МУҲАНДИСЛАРИ ИНСТИТУТИ



Ҳимоя қилишга рухсат берилсин

“ЭА ва Р” кафедра мудири

\_\_\_\_\_ проф. Халиков А.А.

« «\_\_» \_\_\_\_\_ 2018 й.

“Электр алоқа ва радио” кафедраси «Проектирование многоканальной телекоммуникационной сети в N-омучастке» \_\_\_\_\_  
мавзудаги

## МАЛАКАВИЙ БИТИРУВ ИШИ

Муаллиф: Мансуров.С.М. \_\_\_\_\_

Битирув иши раҳбари: РихсиевД.Х. \_\_\_\_\_

Меҳнатни муҳофаза қилиш бўйича маслаҳатчи:

Кат.ўқитувчи. КриворучкоБ.В. \_\_\_\_\_

Такризчи: \_\_\_\_\_

ТОШКЕНТ – 2018

# ТОШКЕНТ ТЕМИР ЙЎЛ МУҲАНДИСЛАРИ ИНСТИТУТИ

Ташишни ташкил этиш ва транспорт логистикаси факультети

«Электр алоқа ва радио» кафедраси

Телекоммуникация йўналиши \_\_ТК-46\_\_ гуруҳ

“Тасдиқлайман”

“ЭА ва Р” кафедра мудири

\_\_\_\_\_ проф. Халиков А.А.

2018 йил \_\_\_\_\_

## МАЛАКАВИЙ БИТИРУВ ИШИ БЎЙИЧА ТОПШИРИҚ

Талаба : Мансуров.С.М. \_\_\_\_\_  
(фамилия, исм, шарфи)

1.Битирув ишининг мавзуси: «Проектирование многоканальной телекоммуникационной сети в N-омучастке»

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2017 йил кафедра мажлисида маъқулланган.

2. Битирув ишни топшириш муддати

3. Битирув ишни бажаришга доир бошланғич маълумотлар

Проектирование многоканальной телекоммуникационной сети \_\_

Ҳисоблаш – тушунтириш ёзувларининг таркиби (ишлаб чиқиладиган масалалар рўйхати)

1. АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ ЦИФРОВЫХ СЕТЕЙ СВЯЗИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА \_\_\_\_\_

2. ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ ЦИФРОВЫХ СЕТЕЙ \_\_\_\_\_

3. ОРГАНИЗАЦИЯ ПЕРВИЧНОЙ СЕТИ СВЯЗИ \_\_\_\_\_

4. ҲАЁТ ФАОЛИЯТИ ХАВФСИЗЛИГИ ВА ТЕХНИКА ХАВФСИЗЛИГИ \_\_\_\_\_

5. Чизма ишлар рўйхати (чизмалар номи аниқ кўрсатилади) \_\_\_\_\_

Плакат №1. Состав различных электросвязи

Плакат №2. Принципы построение цифровой сети

Плакат №3. Взаимодействие цифровых сетей иерархий ПЦИ и СЦИ

Битирув иши бўйича маслаҳатчи (лар)

№ т/р	Бўлим мавзуси	Маслаҳатчи ўқитувчи Ф.И.Ш.	Имзо, сана	
			Топширик берилди	Топширик бажарилди
1.	Асосий қисм	Рихсиев Д.Х		
2.	ХФХваТХ	Криворучко Б.В.		

1. Битирув ишни бажариш режаси

№ т/р	Битирув иши босқичларининг номи	Бажариш муддати (сана)	Текширувдан ўтганлик белгиси

1.	АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ ЦИФРОВЫХ СЕТЕЙ СВЯЗИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА		
2.	ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ ЦИФРОВЫХ СЕТЕЙ		
3.	ОРГАНИЗАЦИЯ ПЕРВИЧНОЙ СЕТИ СВЯЗИ		
4.	ҲАЁТ ФАОЛИЯТИ ХАВФСИЗЛИГИ ВА ТЕХНИКА ХАВФСИЗЛИГИ		

Битирув иши раҳбари: Рихсиев Д.Х \_\_\_\_\_

(фамилия, исм, шарфи) (сана)

Топшириқни бажаришга олдим: Мансуров.С.М \_\_\_\_\_

(фамилия, исм, шарфи) (сана)

Топшириқ берилган сана 2018 йил \_\_\_\_\_

<b>АННОТАЦИЯ .....</b>	<b>5</b>
<b>ВВЕДЕНИЕ .....</b>	<b>7</b>
<b>1. АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ ЦИФРОВЫХ СЕТЕЙ СВЯЗИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА .....</b>	<b>9</b>
1.1. Назначение и классификация первичной цифровой сети связи.....	9
1.2. Состояние первичной цифровой сети связи железной дороги.....	12
1.3. Взаимодействие технологий ЦСП и ВОЛС .....	17
1.4. Перспективы развития первичной цифровой сети связи.....	23
1.5. Обоснование постановки задачи .....	26
1.6. Заключение .....	21
<b>2. ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ ЦИФРОВЫХ СЕТЕЙ .....</b>	<b>29</b>
2.1. Требования к первичной сети связи железнодорожного транспорта....	29
2.2. Цифровые стыки каналов и трактов .....	31
2.3. Основные принципы технологии синхронной цифровой иерархии ....	37
2.4. Объединение цифровых потоков в синхронной цифровой иерархии...	41
2.5 Заключение.....	62
<b>3. ОРГАНИЗАЦИЯ ПЕРВИЧНОЙ СЕТИ СВЯЗИ .....</b>	<b>65</b>
3.1. Расчет числа каналов связи.....	65
3.2. Выбор волоконно-оптического кабеля.....	68
3.3. Расчет длины участка регенерации ВОСП.....	71
3.4. Расчет основных характеристик оптического волокна.....	74
3.5. Расчет уровня чувствительности приемного оптоэлектронного модуля.....	80
3.6. Заключение .....	83
<b>4. БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ .....</b>	<b>84</b>
4.1. Анализ условий труда при прокладке кабеля.....	84
4.2. Анализ условий труда при эксплуатации линии связи.....	87

4.3. Обеспечение безопасности от поражения электрическим током	90
.....	
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ</b> .....	92
<b>СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ</b> .....	93

## Аннотация

Настоящий дипломный проект посвящен модернизации магистральной оптической сети железнодорожной связи. Произведены расчеты регенерационных участков, количества регенераторов. Разработаны планы размещения мультиплексоров и регенераторов на проектируемом участке. Рассмотрен вопрос по проектированию системы удаленного мониторинга оптических волокон. Рассмотрены вопросы охраны труда по нормализации параметров освещения в операторском помещении. Данный дипломный проект может быть принят к внедрению на участках железнодорожного транспорта.

Пояснительная записка содержит:

стр. 93

рис. 18

табл. 5

## ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время идет бурное развитие телекоммуникационных технологий. Наряду с появлением новых форм передачи информации, совершенствуются традиционные виды и методы информационного обмена.

Современные средства связи позволяют передавать различные виды информации: телефонной, телеграфной, вещания, телевидения, передачи газет фототелеграфным методом, а также передачи данных ЭВМ и АСУ. Современные сети электрической связи и сети передачи данных в нашей стране развиваются на базе единой автоматизированной сети связи (ЕАСС).

Магистральная сеть связи страны на современном этапе развития базируется на использовании кабельных, радиорелейных и спутниковых линий связи. Эти линии дополняют друг друга, обеспечивая передачу больших потоков информации любого назначения на базе использования цифровых и аналоговых систем передачи. Кабельные линии связи, обладающие высокой защищенностью каналов связи от атмосферных влияний и различных помех, эксплуатационной надежностью и долговечностью, являются основной сетью связи страны. По кабельным сетям передается до 75% всей информации.

В настоящее время наиболее эффективными являются коаксиальные кабели, которые позволяют передавать мощные пучки связи различного назначения. Быстрыми темпами внедряются на сетях оптические кабели.

Решающими факторами при внедрении новых систем связи сегодня являются скорость передачи информации и обеспечение высокого качества передачи. Внедрение интеллектуальных сетей, ISDN, сетей подвижной связи требует создания систем передачи информации, удовлетворяющих самым современным требованиям.

Содержание дипломной работы представляет собой исследование первичной железнодорожной связи на базе перспективных цифровой системы передачи (ЦСП) и ВОЛС.

В промышленных системах с повышенным уровнем помех растет потребность в новой среде передачи. Решение проблем ограниченной пропускной способности передачи и повышенного уровня помех в условиях производства успешно найдено с появлением оптоволоконных систем связи.

Оптическое волокно - это простая тонкая стеклянная нить, действующая как светопроводящий канал.

Оптоволоконная передача одна из самых захватывающих и быстроразвивающихся областей телекоммуникационной технике.

Оптоволоконные системы связи имеют много преимуществ перед более привычными системами связи. Они менее подвержены помехам, не проводят электричество, обеспечивая электроизоляцию, поддерживают чрезвычайно высокие скорости передачи и передают данные на очень большие расстояния.

# **1. АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ ЦИФРОВЫХ СЕТЕЙ СВЯЗИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА**

## **1.1 Назначение и классификация первичной цифровой сети связи**

При проектировании цифровой сети связи железной дороги должны рассмотреть некоторые из его характеристик. Сеть концентрируется вдоль железной дороги, полностью отражая при этом ее конфигурацию. Основной функцией первичной сети в данном случае является формирование единого информационного потока, проходящего через последовательно расположенные пункты выделения, где часть потока ответвляется с целью обслуживания абонентов местной сети. Другой особенностью сети является то, что в большинстве пунктов выделения ответвляется незначительная часть потока, составляющая от долей до нескольких процентов главного потока. Использование описанных выше возможностей синхронной цифровой иерархии позволяет решить проблему создания оптимальной сети железной дороги с протяженной структурой.

Основу сети должна быть ребристой структурой, состоящей из одной или нескольких систем STM, проложенных вдоль железной дороги. Количество и тип систем STM определяются общей емкостью информационного потока, который должен быть обеспечен на данном участке, а количество потоков 2,048 Мбит/с, выделяемых на станциях, зависит от числа терминалов местной сети, которым необходим доступ в сеть связи железной дороги. При таком построении в определенной степени сглаживаются традиционные понятия магистрального, дорожного и отделенческого уровней сети и цифровая сеть отражает двухуровневую систему, имеющую уровень транспортной сети и уровень абонентского доступа. Первичные потоки, используемые для магистральной, дорожной и отделенческой сетей, большей частью интегрируются в потоках STM-1,

STM-4, обеспечивающих многократный ввод-вывод компонентных потоков 2,048 Мбит/с из высокоскоростного группового потока.

Для организации крупных транспортных сетей широко используются кольцевые структуры.

Группа сеть должна основываться на следующих принципах. В случае, когда железные дороги параллельные полосы выполняется с использованием *rokadnyh* поперечном направлении или с помощью другого типа частной сети инфраструктуры. В линейном массиве вдоль рельса, также образуется кольцевая структура. Небольшие плоские кольцевые структуры организованы в филиале области управления дороги и движения. Режим копирования определяется соответствующими программами синхронного мульти плексоров установленной на узлах сети. Позвоните в значительной степени организован на дороге и основной уровень. При использовании в нескольких типах систем передачи SDH (STM-1, STM-4, STM-16) должен соблюдаться принцип резервирования, заключающийся в поддержке системы нижнего уровня системой верхнего уровня, что не исключает в случае необходимости использования принципа взаиморезервирования. При проектировании сети должен быть реализован принцип самовосстанавливающихся сетей, что означает способность сети восстанавливать свое нормальное состояние (возобновление функций и услуг) в случае каких-либо неисправностей без вмешательства человека и без ощутимого ущерба для пользователя сети.

На протяжении множества железнодорожной линии волоконно-оптических линий связи (ВОЛС) систем передачи, использующих STM-1/4. Основная цель STM-1 - что обеспечивает высокую сети потоков 2,048 Мбит / с на дороге и на уровне ведомственных. На первом этаже вы можете использовать наиболее мощную систему STM-4, предназначенный для соединения дорожные перекрестки и для резервного

копирования. Управление сетью реализуется с помощью системы TMN (Telecommunications Management Network)

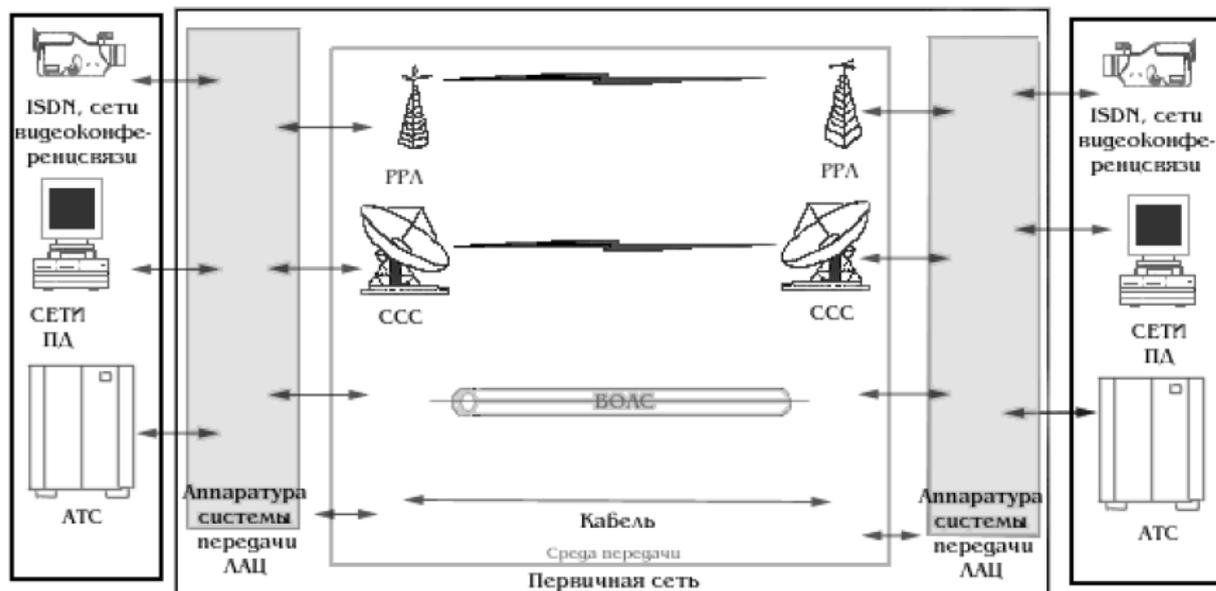


Рисунок 1.1- Структура первичной сети

Выделение необходимого количества потоков 2,048 Мбит/с из STM-1 осуществляется в дорожных, отделенческих и внутриотделенческих узлах, а также на крупных и средних станциях, где организуются сетевые узлы с синхронными мультиплексорами ввода-вывода. Для включения в цифровую сеть рокадных и второстепенных направлений, а также для отделенческих сетей оперативно-технологической связи, которые могут быть построены на системах плезиохронной цифровой иерархии (ПЦИ), например ВОСП-480Т, используются ответвления со стыками (2, 8, 34, 140 Мбит/с).

На основе первичной сети организован общий технологии вторичной сети (OBTS) и данные ОТС (PD). По большей части, автомобильным, и ведомственной vnutriotdelencheskih узлов OBTS первичной сети, включая автоматические цифровые коммутационных узлов или центральной цифровой автоматической телефонной трафика (АТС-С). На станциях, где выбор между оборудованием STM-1, АТС-С средних и малых мощностей, используя тот же метод. Не в местах, где есть не выбран STM-1, АТС-С включены в цифровой коммутатор коммуникационных технологий, которая

имеет совместный дополнительную 2048 Мбит / с стволы формирование диаграммы направленности, чтобы позволить ОВД-С до ближайшего узла. Коммутационное оборудование сети ПД включается в первичную сеть аналогично оборудованию ОБТС. Для прямой связи между вычислительными центрами можно использовать потоки 2,048 Мбит/с, выделяемые как из STM-1, так и из STM-4. Для организации сети доступа в сеть ПД перспективно использование гибких мультиплексоров, обеспечивающих широкую номенклатуру стыков типа X, V, n x 64 кбит/с, ТЧ и других для подключения терминального оборудования. На начальном этапе цифровизации при новом строительстве и при замене воздушных линий связи кабельная магистраль должна состоять из двух (ВОК + симметричный кабель для оперативно-технологической связи и цепей СЦБ) или трех (ВОК + симметричный кабель связи + сигнально-блокировочный кабель СЦБ) кабелей.

## **1.2 Состояние первичной цифровой сети связи железной дороги**

Первичная сеть представляет собой набор типовых физических цепей, знаменосцев и сетевые пути телекоммуникационной системы, основанной на сетевых узлах, рабочих станциях, сетевых терминалов первичной сети и линий электропередачи, соединяющих телекоммуникационные системы. В основу современных телекоммуникационных систем является использование первичного цифровой сети, основанной на использовании цифровых систем передачи. Как следует из определения первичной сети включает в себя средство для передачи сигнала и системы передачи оборудования. Современная первичная система основана на технологии использует цифровую передачу и электрические кабели и радио и оптических носителей передачи.

В данной работе рассматривается как часть первичной сети, которая связана с передачей информации в цифровой форме. Как видно из (листовой

Демо 2), современная цифровая первичная сеть может быть основано на трех технологиях: PDH, SDH и ATM.

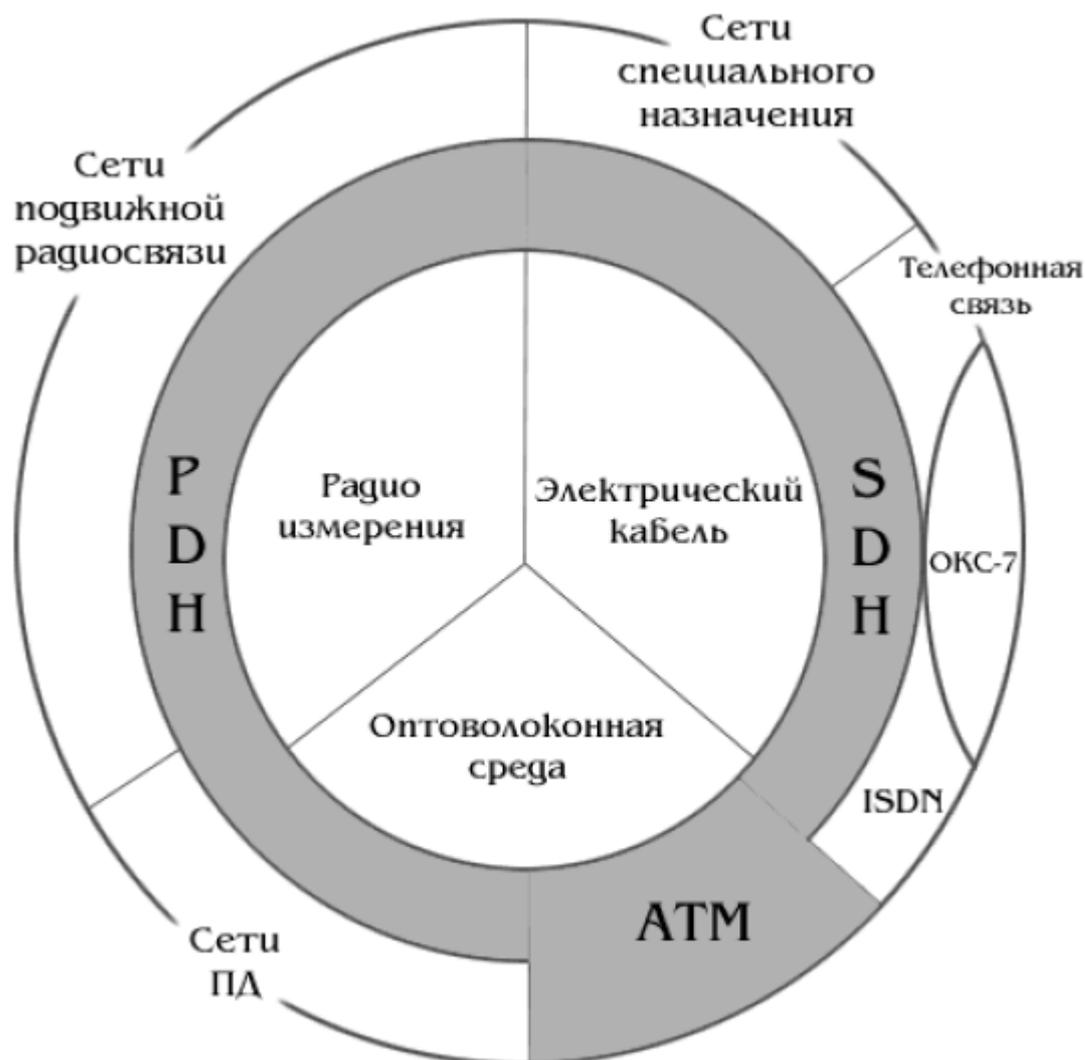


Рисунок 1.2 - Место цифровой первичной сети в системе электросвязи

Начальная цифровой сети на основе мультиплексирования PDH / SDH состоит из узлов (мультиплексоров), которые действуют как преобразователей между каналами на разных иерархических уровнях стандартной пропускной способности (см. ниже), регенераторов, восстанавливающих цифровой текущих и цифровые перекрестные длинные маршруты которые выполняют переключения в канале и первичной сети дорог. Схематическое строение первичной сети представлена на (рис. 1.2). Как видно из приложения, базовая сеть основана на стандартных каналов,

образованных систем передачи. Современные системы связи используются как электрический сигнал через оптическую передачу по кабелю и средств радиочастотной (СВЧ и спутниковой систем передачи). Цифровой сигнал Модель канал имеет определенную логическую структуру, включающую циклическую структуру и тип кода линии сигнала. Циклическая структура используется для процесса синхронизации сигнала мультиплексирования и демультиплексирования между различными уровнями иерархии каналов первичной сети, а также контролировать ошибки кадра. Код строки позволяет передавать цифровые сигналы иммунитета. Устройство преобразует цифровой сигнал передачи модулированного в циклической структуре электрического сигнала затем передающей среды. Тип модуляции зависит от аппаратуры и среды передачи. Таким образом, внутри цифровых систем передачи осуществляется передача электрических сигналов различной структуры, на выходе цифровых систем передачи образуются каналы цифровой первичной сети, соответствующие стандартам по скорости передачи, цикловой структуре и типу линейного кода.

Современная цифровая первичная система базируется на трех основных технологиях: PDH иерархии (PDH), синхронной иерархии (SDH) и асинхронного режима передачи (передача) (OpВД). Из них только первые две технологии теперь можно рассматривать в качестве основы цифровой первичной сети.

Банкомат технологии в качестве основной технологии строительства сети еще молоды и не вполне оправдано. Эта технология отличается от технологий PDH и SDH, покрывающего не только уровень первичной системы, в частности передачу данных и широкополосного ISDN (B-ISDN). В результате при рассмотрении технологии АТМ трудно отделить часть по отношению к технологии первичной сети. Рассмотрим более подробно историю PDH и синхронного строительства и различия. DSP схемы были разработаны в 80-х. Всего их было три: 1) принята в США и Канаде, в

качестве скорости сигнала первичного цифрового канала ПЦК (DS1) была выбрана скорость 1544 кбит/с и давала последовательность DS1 - DS2 - DS3 - DS4 или последовательность вида: 1544 - 6312 - 44736 - 274176 кбит/с. Это позволяло передавать соответственно 24, 96, 672 и 4032 канала DS0 (ОЦК 64 кбит/с); 2) принята в Японии, использовалась та же скорость для DS1; давала последовательность DS1 - DS2 - DSJ3 - DSJ4 или последовательность 1544 - 6312 - 32064 - 97728 кбит/с, что позволяло передавать 24, 96, 480 или 1440 каналов DS0; 3) принята в Европе и Южной Америке, в качестве первичной была выбрана скорость 2048 кбит/с и давала последовательность E1 - E2 - E3 - E4 - E5 или 2048 - 8448 - 34368 - 139264 - 564992 кбит/с. Указанная иерархия позволяла передавать 30, 120, 480, 1920 или 7680 каналов DS0.

Комитетом по стандартизации ITU - Т был разработан стандарт, согласно которому: - во-первых, были стандартизированы три первых уровня первой иерархии, четыре уровня второй и четыре уровня третьей иерархии в качестве основных, а также схемы кросс-мультиплексирования иерархий; - во-вторых, последние уровни первой и третьей иерархий не были рекомендованы в качестве стандартных.

Указанные иерархии, известные под общим названием плезиохронная цифровая иерархия PDH, или ПЦИ, сведены в таблицу 1.1 (: АС-американская; ЯС-японская; ЕС-европейская).

14

Таблица 1.1 - Схемы ПЦС

Уровень цифровой иерархии	Скорости передач, соответствующие различным схемам цифровой иерархии		
	АС: 1544 Кбит/с	ЯС: 1544 Кбит/с	ЕС: 2048 Кбит/с
0	64	64	64
1	1544	1544	2048
2	6312	6312	8448
3	44736	32064	34368
4	-	97728	139264

К недостаткам можно отнести PDH:

- Предотвращена цифровые потоки ввода / вывода точек между;
- Отсутствие средств сетевых автоматического управления;

Восстановление Синхронизация многоступенчатый требует достаточно много времени. Может также рассматриваться как недостаток, который имеет три различных иерархий.

PDH и SDH иерархии взаимодействуют через процедуры потоков демультиплексирования мультиплексирования PDH системы SDH.

Основное отличие между системой системы PDH SDH является переход к новому принципу мультиплексирования. Система использует принцип PDH (или почти одновременно) мультиплексирования PDH, таким образом, для мультиплексирования, например, четыре E1 (2048 кбит / с) в потоке E2 (8448 кбит / с) изготовлены из Процедура выравнивания тактовые частоты входящих сигналов по начинке. В результате, необходимо выполнить шаг за шагом демультиплексирования процессе восстановления исходных каналов. Например, в цифровых телефонных сетей вторичный Наиболее распространенное использование E1. Когда это происходит на пути сеть EZ PDH должны сначала пройти этап мультиплексирования E1-E2-EZ, а затем - шаг за EZ-E2-E1 E1 демультиплексирования шаг в каждого задания пункта.

Система состоит из SDH синхронного мультиплексирования / демультиплексирования, что позволяет организовать прямой канал PDH доступа, переданный в сети SDH. Это довольно просто и главное нововведение в технологии привело к тому, что все технология мультиплексирования в сети SDH намного сложнее, чем PDH сетевых технологий, повышенные требования синхронизации и систем качества параметр СМИ передачи и передачи, а также увеличение числа параметров, которые необходимы для сети. В результате, операционные методы и технологии измерения SDH намного сложнее похож на PDH.

Международным союзом электросвязи ITU-T предусмотрен ряд рекомендаций, стандартизирующих скорости передачи и систем PDH, SDH и ATM, процедуры мультиплексирования и демупльтиплексирования (приложение 1). Рассмотрим структуру цифровых линий связи и нормы на параметры джиттера и вандера.

Рассмотрим основные тенденции в развитии цифровой первичной сети. В настоящий момент очевидной тенденцией в развитии технологии мультиплексирования на первичной сети связи является переход от PDH к SDH. Если в области средств связи этот переход не столь явный (в случае малого трафика по-прежнему используются системы PDH), то в области эксплуатации тенденция к ориентации на технологию SDH более явная.

### **1.3 Взаимодействие технологий ЦСП и ВОЛС**

Рассмотрим сравнив цифровую систему передачи с помощью нескольких строк оптического волокна связи. На сегодняшний день наиболее перспективными информационные системы с линией доверия в развитии являются волоконно-оптические сети. Так быстро растущая популярность волоконно-оптических сетей обязаны цифровой системы передачи. DSP для его многочисленных преимуществ, включая высокоскоростную передачу информации, а также надежность, безопасность передаваемой информации от несанкционированного доступа, длительной эксплуатации волоконно-оптического оборудования и т.д.

Система передачи цифровой (DSP) представляет собой набор технических средств для формирования стандартных цифровых каналов и маршрутов и линейный путь, обеспечивая передачу цифровых сигналов телекоммуникационных. В этом определении, существует ряд понятий, которые требуют дополнительного разъяснения.

Телекоммуникации цифровой сигнал или цифровой сигнал, называется просто телекоммуникационные параметры сигнала, которые

характеризуются конечным набором возможных дискретных значений и описываемые дискретным временем. Переход от одного к другому возможному значению происходит резко и узко очков в интервалах времени, равных или кратной единичной временной интервал выбранной - период дискретизации.

Дискретное значение сигнала или количество называется сигнал, который оценивается в короткий промежуток (длина кадра), в котором сигнал изменяется очень мало, незначительное количество. В дальнейшем термин, используемый отсчет.

Обратите внимание, что цифровой сигнал может быть несколько уровней, в диапазоне изменения параметров может иметь конечное множество дискретных состояний. Сигнал может быть, например, в два этапа, то есть случайная последовательность текущих (1) и (0) бесплатно потока пакетов. Сигнал Трехуровневая является случайной последовательность символов (1), (-1) (0) или импульсов положительной и отрицательной полярности помещений свободные потоки. Единицей технической оснащенности ЦСП является типовой или основной цифровой канал со скоростью передачи сигналов 64 кбит/с. Кроме того, различают: первичный цифровой канал, вторичный цифровой канал, третичный цифровой канал и четверичный цифровой канал.

Типичный цифровая схема - набор технических средств для обеспечения основных цифровых каналов со скоростью, соответствующей заданной траектории передачи, структура и параметры несовершенных. Цифровой линейный путь - набор технических средств, которые могут нести цифровые сигналы, соответствующие скорости DSP.

Цифровые системы передачи классифицируются по следующим критериям:

- а) принципы каналов разделения отличить ЦСП;
- Мультиплексирование с временным разделением (TDM DSP);

- Частотным разделением каналов (FDM DSP), имеющих специальное оборудование, что делает системы передачи нескольких каналов (группа) сигнал с частотным разделением каналов (FDM SP) в цифровой сигнал, и наоборот;

б) процедуры по формированию DSP сигнала канала различают;

- Амплитуда импульса модуляции (PAM);

- Широтно-импульсной модуляции (ШИМ);

- С фазомодулированный (PPM);

- Импульсная модуляция кода и мультиплексирование с разделением времени (DSP PCM PMЦ);

- импульсная модуляция кода и частотным разделением каналов (или деление) каналы (DSP PCM-ВН);

- В отличие от кодовым разделением импульса модуляции и времени (ДИКМ RMC);

- На основе дельта-модулированного TDM или черных дыр

в) по способам объединения цифровых потоков с целью формирования цифровых каналов и цифровых трактов более высокого порядка различают:

- ЦСП ИКМ-ВРК с асинхронным объединением цифровых потоков или систем плезиохронной цифровой иерархии (ПЦИ) - Plesiochronous Digital Hierarchy (PDH);

- ЦСП ИКМ-ВРК с синхронным объединением цифровых потоков или систем синхронной цифровой иерархии (СЦИ) - Synchronous Digital Hierarchy (SDH).

Процесс объединения нескольких входных цифровых потоков нижнего уровня (компонентных потоков) в один поток более высокого уровня для его передачи по одному выходному или агрегатному каналу (поток) называется мультиплексированием

В зависимости от среды распространения сигналов электросвязи различают ЦСП:

- по электрическим (металлическим) симметричным и коаксиальным кабелям;
- по волоконно-оптическим кабелям;
- по радиорелейным и спутниковым линиям передачи.
- по месту ЦСП в структуре первичных сетей различают ЦСП:
  - для местных первичных сетей;
  - для внутрizonовых первичных сетей;
  - для магистральных первичных сетей;
  - для сетей абонентского доступа;
  - для технологических сетей связи, например, железнодорожного, воздушного или водного транспорта, управления нефте- и газопроводами, энергосистемами и др.;
  - для корпоративных и ведомственных сетей различного назначения.

В настоящее время цифровая сеть используется чаще всего через ВОЛС, так как он имеет ряд преимуществ перед передачей через медной проволоки. Быстрое внедрение информационных сетей является следствием преимуществ ВОЛС характеристик распространения сигнала в оптических волокнах. Все чаще телекоммуникационные операторы и пользователи услуг предпочитают коммуникационной сети волоконно-оптических сетей, оснащенных обычным медным кабелем. Строительство оптического волокна (линий связи оптики) - отличный способ телефонная оборудование линии (станции, городские, зональные и магистральные), кабельное телевидение и локальных сетей.

Представляя линии связи волоконно-оптических (ВОЛС) вовсе не проблема для конечного пользователя, и что есть много компаний, участвующих в проектировании, монтаже и оснащения волоконно-оптических сетей. Обращение к профессионалам в этой области дает клиенту дополнительную уверенность, проведенное усилия, время и деньги

потрачены не зря, и конечный результат будет соответствовать указанным требованиям.

На первом этапе строительства объекта связи, чтобы измерить характеристики волоконно-оптических связей, в том числе входного контроля (органов длин строительства кабельной и других компонентов), оценка качества строительных работ и приемо-сдаточных испытаний. Измерения проводились в ВОЛС и операционной волоконно-оптических сетей - для профилактики, определения характера повреждения (если таковые имеются), а также спасение и восстановление контроля качества. Виды ВОЛС отдельных измерений - мониторинг сети с помощью встроенного в его испытаний и измерений. Такая деятельность может значительно продлить срок службы волоконно-оптических линий связи.

Широкая полоса пропускания, обусловлена чрезвычайно высокой частотой несущей 1014Гц. Это дает потенциальную возможность передачи по одному оптическому волокну потока информации в несколько терабит в секунду. Большая полоса пропускания - это одно из наиболее важных преимуществ оптического волокна над медной или любой другой средой передачи информации. Выпускаемое в настоящее время отечественными и зарубежными производителями промышленное оптическое волокно имеет затухание 0,2-0,3 дБ на длине волны 1,55 мкм в расчете на один километр. Малое затухание и небольшая дисперсия позволяют строить участки линий без ретрансляции протяженностью до 100 км и более.

Низкий уровень шумов в волоконно-оптическом кабеле позволяет увеличить полосу пропускания, путем передачи различной модуляции сигналов с малой избыточностью кода.

Поскольку волокно производится из диэлектрического материала, который невосприимчив к электромагнитным помехам от окружающего медной проводки электрического и способны индуцировать электромагнитного излучения оборудования (линий электропередач, монтаж

электрических двигателей, и т.д.). В любом многоволоконных кабелей являются проблемой перекрестного влияния электромагнитного излучения, многопарных медных кабелей присущей.

Кабель волоконно-оптический (ФО) имеет меньший вес и объем по сравнению с медной проволоки на основе той же полосе пропускания. Например, диаметр кабеля пар телефону 900 7,5 см, может быть заменен с диаметром волокон 0,1 см, если слой "заправкой" и множество защитных покрытий обложка сталь лента, диаметром 1,5 см ВОК, в несколько раз меньше телефонной линии FOC вопrose.Poskolku едва излучает радиочастоту, информация, передаваемая в том, что трудно перехватить, не нарушая прием. Системный мониторинг (непрерывный контроль) целостность оптическая линия используя свойства высокой чувствительности волокна может мгновенно превратить "хаки" канал связи и сигнализации. Системы с сенсорным экраном с помощью интерференционных эффектов распределены световые сигналы (как для разных волокон и разной поляризации) имеют очень хорошую чувствительность к вибрации, малых изменений давления. Эти системы особенно необходимы при создании ссылки в правительстве, банковских и других спецслужб, высокими требованиями к производительности для защиты данных.

Электрическая изоляция из сетевых элементов оптического волокна являются его теплоизоляционные свойства. Волоконно предотвращает "основные" электрические глаза, которые могут возникнуть, когда сеть две сетевые устройства область, связанная с неизолированного медного провода шлифуются в разных точках здания, например, на разных этажах. Это может вызвать большие разности потенциалов, которые могут привести к повреждению компьютерной сети. Волокна этой проблемы не существует. В связи с отсутствием увеличивается искры волокна сетевой безопасности на химических предприятиях, нефтеперерабатывающих заводов,

обслуживающих процессы с высокой степенью риска. Волокно изготовлено из кварца, основу которого составляет двуокись кремния, широко распространенного, а потому недорогого материала, в отличие от меди. В настоящее время стоимость волокна по отношению к медной паре соотносится как 2:5. При этом ВОК позволяет передавать сигналы на значительно большие расстояния без ретрансляции. Количество повторителей на протяженных линиях сокращается при использовании ВОК. При использовании солитонных систем передачи достигнуты дальности в 4000 км без регенерации (то есть только с использованием оптических усилителей на промежуточных узлах) при скорости передачи выше 10 Гбит/с.

Со временем волокно испытывает деградацию. Это означает, что затухание в проложенном кабеле постепенно возрастает. Однако, благодаря совершенству современных технологий производства оптических волокон, этот процесс значительно замедлен, и срок службы ВОК составляет примерно 25 лет. За это время может смениться несколько поколений/стандартов приемо-передающих систем. В некоторых случаях требуется удаленное электропитание узла информационной сети. Оптическое волокно не способно выполнять функции силового кабеля. Однако, в этих случаях можно использовать смешанный кабель, когда наряду с оптическими волокнами кабель оснащается медным проводящим элементом. Такой кабель широко используется как в СНГ, так и за рубежом.

#### **1.4 Перспективы развития первичной цифровой сети связи**

Первоначальная сеть связи в качестве основы системы телекоммуникаций определяет его основные качественные характеристики: надежность, емкость, потенциал регулирования и технико-экономических показателей. В соответствии с этими функциями, цифровые первичные сети значительно выше, чем аналоговые, благодаря высокому уровню

объединения, интеграции цифрового оборудования, чтобы удовлетворить концепцию открытых систем.

При построении перспективной первичной сети необходимо учитывать следующие принципы:

- В случае цифровой камеры на всех уровнях;
- Линия передачи должна быть организована исключительно на основе стандартных цифровых каналов и трактов;
- В случае структурных и функциональных характеристик, он может быть использован для всех вторичных отделов, общественных частных сетей и т. д.;
- Перспектива топологии сети сердечника должен реализовать структуру затрат всех телекоммуникационных сетей и оптимальной стороны с точки зрения их постепенной интеграции;
- Если позволить значительное расширение способностью поглощать новые технологии и обеспечить пользователям вторичной сети новые услуги, требующие широкополосного;
- Он должен содержать систему управления, чтобы поддержать данный надежность и производительность

Координация процессов цифровизации первичных сетей должна рассматриваться как одна из основных задач. Большинство функциональных возможностей цифровых вторичных сетей, например услуги ISDN (ЦСИО), эффективны только при условии, что могут быть установлены чисто цифровые соединения между терминалами абонентов.

Цикл жизни первичной сети значительно превышает аналогичный период для вторичной сети, поэтому топология перспективной первичной сети должна быть оптимальна как для всех существующих на ее основе вторичных сетей, так и для возможного расширения их функций и интеграции.

Перспективная цифровая сеть может быть создана на основе рационального использования всех типов направляющих систем, цифровых систем передачи плездохронной и синхронной иерархии, систем кроссовой коммутации и системы управления сетью.

Построение цифровых сетей на железнодорожном транспорте с использованием ЦСП СЦИ рациональнее осуществлять на магистральном, дорожном и отделенческом уровнях с использованием стратегии «наложения». Это позволит создать качественно новую сеть, оптимальную по структуре, управлению и возможностям ее дальнейшего развития.

Основными критериями оптимального построения первичных сетей являются «стоимость» и «надежность». Эти критерии связаны между собой прямо пропорциональной зависимостью. Для железнодорожных первичных сетей целесообразно осуществлять их построение исходя из критерия надежности, то есть выбора таких характеристик систем передачи, при которых она функционирует с заданным качеством при допустимых экономических показателях.

При развитии первичной сети в данном направлении необходимо решать следующие задачи:

- повышение надежности и живучести сети за счет оптимального взаиморезервирования гибкого оперативного управления в рамках единой системы управления сетью;
- ускорение и удешевление строительства первичных сетей и снижение эксплуатационных расходов;
- снижение затрат на оборудование сети за счет использования одной мощной системы вместо нескольких;
- обеспечение организационного и технического сопряжения ведомственных сетей.

Первичная сеть связи на железной дороге строится для увеличения качественных показателей, что мы наблюдаем в данной главе.

## 1.5. Обоснование постановки задачи

В данной работе исследуется первичная сеть железнодорожной связи на базе перспективных технологии цифровых систем передач и волоконно-оптических линий связи, анализируются ее качественные показатели. На сегодняшний день важным является взаимодействие технологии цифровых систем передач с волоконно-оптическими линиями связи.

На железнодорожных сетях связи применяются и цифровые СП, как правило, для построения дорожной связи. Анализ организации цифровой сети связи на разных уровнях показал невозможность комплексного решения этой задачи из-за специальных требований проектирования каналов ОТС. Все известные варианты решений требуют доработок.

Создание современной сети цифровой связи железнодорожного транспорта, основанной на использовании волоконно-оптических линий и цифровых систем передачи и коммутации, обеспечивающей возможность удовлетворения все возрастающих технико-экономических требований отрасли, ставит новые задачи по подготовке грамотных специалистов по эксплуатации современных цифровых систем передачи и коммутации.

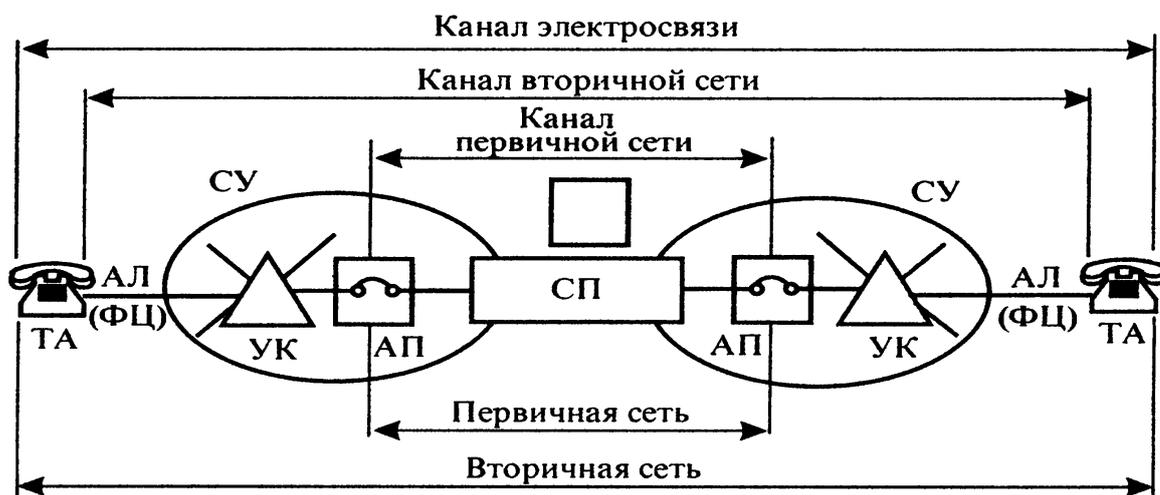


Рис. 1.3. Состав различных электросвязи

На первом этапе строительства объекта связи производятся измерения характеристик ВОЛС, которые включают в себя входной контроль (контроль

соответствия норме строительных длин кабеля и других компонентов), оценку качества строительных работ и приемно-сдаточные испытания. Измерения в ВОЛС проводятся и в процессе эксплуатации волоконно-оптических сетей – для профилактики, определения характера повреждений (если таковые имеются), а также для контроля качества аварийно-восстановительных работ.

Отдельный вид измерений в ВОЛС - мониторинг состояния сети при помощи встроенного в нее контрольно-измерительного оборудования. Такие мероприятия позволяют существенно продлить срок эксплуатации волоконно-оптических линий связи.

Основные требования для первичных сетей:

- первичная сеть должна быть цифровой на всех уровнях;
- линии связи необходимо организовывать только на основе стандартных цифровых каналов и трактов;
- перспективная первичная сеть должна иметь структурные и функциональные характеристики, чтобы была возможность применять их для любых вторичных сетей общего пользования;
- топология первичной сети должна экономично реализовывать структуры всех вторичных сетей;
- сеть должна обеспечивать расширение пропускной способности для внедрения новых технологий и услуг;
- первичная сеть должна содержать систему управления для поддержки заданных показателей надежности и качества.

Основные критерии оптимального построения первичной сети - стоимость и надежность.

## **1.6. Заключение**

В первой главе мы рассмотрели теоретическую часть моего дипломного проекта, назначение и классификация первичной цифровой сети

связи, взаимодействие ЦСП и ВОЛС, рассмотрели преимущества и недостатки таких технологий, как PDH и SDH, Основные требования для первичных сетей.

## 2. ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ ЦИФРОВЫХ СЕТЕЙ

### 2.1. Требования к первичной сети связи железнодорожного транспорта

Железнодорожные перевозки сеть относительная категория ведомственной связи относится к технологическим сетям, входящих в состав других сетей с ограниченным ЦВЕ. Используется для организации производства и коммерческой эксплуатации всех структур структурных подразделений железных дорог и дорожного движения управления поездов. Ресурсы свободные каналы и сетевые пути могут быть использованы для обеспечения платных услуг другим пользователям.

Сеть связи железнодорожного транспорта как ЦВЕ, можно представлять комбинацию первичных и вторичных сетей.

Железнодорожный транспорт сетевых коммуникаций включает первоначальную обозначает первичная сеть определяется административной структуры отрасли и конкретных аспектов управления грузов и пассажиров. В некоторых районах она может служить в качестве резервной сети ЕЭС общего пользования.

При построении первичные цифровые сети должны рассмотреть вторичные развития сети телекоммуникаций планы. Принципы организации первичных сетей, сформулированных на основе имеющегося опыта, что в нашей стране и за рубежом, ДУТ совершенно уместно и перспективным с железнодорожной сетью.

Во-первых, базовая сеть должны иметь цифровую связь всех уровнях. Это может значительно увеличить темпы реализации переменных современных коммуникационных технологий. В то же время она должна быть создана на основе стандартных цифровых каналов и трактов позвоночника и местных линий.

Во-вторых, одним из основных принципов является четкая координация реализации цифровых технологий в начальных и средних сетях,

таких как вторичной сети являются эффективными только тогда, когда по организации цифровых соединений между абонентскими терминалами. Особенности первичной сети должны обеспечить его использование для всех средних сетей общего пользования, частных сетей и другими учреждениями в целях резервирования, взаимодействия и использования имеющихся возможностей в коммерческих целях.

Важно выбрать топологию сети, которая должна эффективно и оптимально с точки зрения постепенной интеграции для реализации всех вторичную структуру телекоммуникационных сетей. Выбор цифровой первичной структуры сети - серьезная научная проблема в сложных задач, связанных с оптимизации системы технологической связи.

Направления развития электросвязи неизбежно приведет к значительному увеличению роли первичной сети, чтобы не гарантировать услуг существующих и потенциальных информации. Важен выбор топологии сети, которая должна экономично и оптимально с точки зрения постепенной интеграции реализовывать структуру всех вторичных сетей электросвязи. Выбор структуры цифровой первичной сети - серьезная научная проблема в комплексе задач, относящихся к оптимизации системы технологической связи. Тенденции развития электросвязи неизбежно ведут к заметному повышению роли первичной сети в обеспечении существующих и перспективных информационных услуг.

Должна обеспечиваться масштабируемость сети, т.е. возможность существенного расширения пропускной способности сети по мере предоставления пользователям вторичных сетей новых услуг, требующих широкополосных каналов (например, в сети технологической связи — это видеосвязь, видеоконференции, промышленное телевидение, связь компьютерных сетей в реальном масштабе времени).

Цикл жизни первичной сети значительно превышает аналогичный период для вторичных сетей. Поэтому топология перспективной первичной

сети должна быть оптимальна как для существующих на ее основе вторичных сетей, так и для возможного расширения их функций и интеграции.

## **2.2. Цифровые стыки каналов и трактов**

Важным условием взаимодействия оборудовать систем передачи PDH Мент на разных уровнях и оборудовать PDH и SDH на работе в одной цифровой сети является соответствующих параметры устройств особые требования (передача и прием цифрового сигнала). Эта категория, например, являются параметрами циклов цифровые суставов алгоритмы структуры генерируют полосы цифровых сигналов (обратно) кода, частота появления ошибок принимаемого сигнала и его статистика, количество терпимости джиттера (добыча палаточном фаза).

Существует группа параметров, которые являются специфическими DSP и зависят от типа линейной траектории. Для передачи систем, оптического волокна является длина волны излучения, средняя мощность оптического передатчика, чувствительность оптического приемника, и т.д.; для радиорелейных трактов - их конфигурация, спутниковых - его и т.д.

Основными документами, которые описывают параметры и стандартизированный оборудование, системы и сети являются документами МСЭ-Т. В частности, общие требования к DSP, и конкретных требований, изложенных в рекомендациях кабельной серии DSP Г. 700, Г. 800 и G. 900. При построении цифровой коммутационной системы важно обеспечить совместимость цифровой передачи и коммутационных систем, различных уровней иерархии отдельных наборов, составляющих DSP.

С этой целью в нашей стране общие требования к системам передачи стандартизированы на государственном уровне. Одними из первых для ЦСП были разработаны следующие основные государственные стандарты: ГОСТ 26886-86, определяющий основные параметры стыков цифровых каналов

передачи и групповых трактов, ГОСТ 27763-88, нормирующий структуру циклов групповых сигналов первичной сети и ГОСТ 27908-88, определяющий номенклатуру и основные параметры стыков цифровых волоконно-оптических систем передачи первичной сети единой автоматизированной системы связи. По мере совершенствования ЦСП процесс выработки норм и стандартов на цифровые каналы и тракты продолжается как на международном, так и на государственном уровнях. Важное место среди параметров ЦСП занимают нормы на цифровые стыки, посредством которых обеспечивается взаимодействие оборудования разных уровней иерархии, а также оборудования первичной и вторичных сетей (рекомендации G. 703 МСЭ-Т).

Стандартизируются стыки на следующие цифровые каналы и групповые тракты: основной цифровой канал ОЦК (64 Кбит/с), первичный, вторичный, третичный, четверичный цифровые каналы, а также первичный, вторичный, третичный и четверичный групповые цифровые тракты. Скорости передачи цифровых каналов и трактов соответствуют уровням иерархии.

По ГОСТу передача цифровых сигналов со скоростями от 64 до 2048 Кбит/с должна осуществляться по ПЦК путем использования совместно нескольких ( $n$ ) соседних канальных интервалов передачи ( $n \times 64$  Кбит/с), где  $n$  - целое положительное число от 2 до 30. Это позволяет использовать первичный стык для взаимодействия аппаратуры с пропускной способностью  $n \times 64$  Кбит/с.

На стыках ОЦК осуществляется обмен тремя видами сигналов — информационным (ИС), тактовым (ТС) и октетным (ОС). Важным условием является синфазность всех трех сигналов на одном стыке. На первичном, вторичном, третичном и четверичном стыках осуществляется обмен синфазными ИС и ТС. На стыке ОЦК, помимо ИС со скоростью передачи 64 Кбит/с и ТС с частотой 64 кГц, производится обмен ОС с частотой 8 кГц.

Октетная синхронизация в ОЦК позволяет разделять сигнал по байтам, содержащим восемь тактовых позиций, которые при передаче речевых сигналов соответствуют восьмиразрядным кодовым комбинациям, сформированным при ИКМ-преобразовании. В зависимости от конкретного использования ОЦК (телефония, передача данных, другая сигнальная информация) на одном стыке не обязательно обеспечение всех трех сигналов. Они могут использоваться в различных сочетаниях.

Различают два вида стыка ОЦК: сонаправленный (рисунок 2.1, а) и противонаправленный (рисунок 2.1, б).

При сонаправленном стыке ТС и ОС передаются совместно с #Сн в одном направлении с ним. Сонаправленный стык может применяться в любых соединениях ОЦК. Стыковая цепь представляет собой симметричную пару проводов в каждом направлении передачи, затухание которой на частоте 128 кГц не должно превышать 3 дБ.

При противонаправленном стыке ТС и ОС передаются отдельно от ЯС, причем ТС и ОС всегда вырабатываются в ведущей (управляющей) аппаратуре и передаются от нее к ведомой (управляемой).

Противонаправленный стык широко применяется для подключения аппаратуры вторичных сетей и потребителей к каналобразующей аппаратуре систем передачи. При этом аппаратура ОЦК первичной сети (ЦСП) всегда является ведущей. Сигналы ТС и ОС, вырабатываемые ведущей аппаратурой для разных направлений ИС могут быть несинхронные по отношению друг к другу.

Таким образом, для передачи сигналов на противонаправленном стыке ОЦК необходимы четыре симметричные пары проводов.

Четыре провода для обеспечения передачи ИС от ведомой аппаратуры к ведущей (на вход ОЦК):

первая пара для передачи ИС;

вторая пара для синхронизации, т.е. для передачи ТС и ОС от ведущей аппаратуры (передающей части каналообразующей аппаратуры ОЦК) к передающей части ведомой.

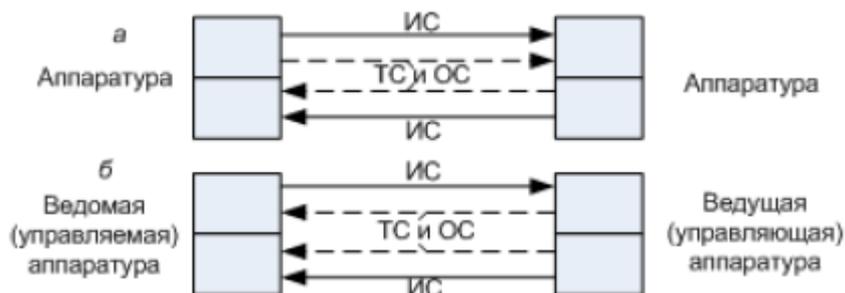


Рисунок 2.1 - Два вида стыка ОЦК: а) сонаправленный, б) противонаправленный

Четыре кабеля для передачи IP в противоположном направлении от ведущего устройства (выход ВСС) для раба:

- Первая пара передаче интеллектуальной собственности;
- Вторая пара, как и в первом четыре раза для передачи транспортного средства и приводит к операционной системе ведомого устройства, но в этом случае IP-TS и передаются в операционную систему в том же направлении.

Цепи остановить ослабление при 32 кГц  $\rightarrow$  Шат не превышает 3 дБ.

Суставы первичный, вторичный, третичный и четвертичный (PS, Солнце, ТЦ, ES) предназначен для обмена сигналами в фазовом IC и TC. Тактовые частоты и скорость передачи соответствующего транспортного средства являются иерархия  $\rightarrow$  IP устройства (2048, 8448, 34 368 и 139 264 кГц или кбит / с).

В СС, ВС кодирование, ТЦ используется правоохрнительными NDVZ юридически СМІ бедствия.

СС строка совместное симметрична пара побледнение  $\rightarrow$  ка волновое сопротивление 120 Ом, в котором затухание Частота питающей polutaktovoy 1024 кГц не должен превышать 6 дБ.

Стыковые цепи ВС, ТС, и ЧС - пара коаксиального кабеля с волновым сопротивлением 75 Ом. Затухание на полутактовой частоте для ВС - до 6 дБ, а для ТС и ЧС - до 12 дБ.

Помимо указанных параметров, для всех стыков нормируются амплитуда и форма импульсов, допустимый размах фазового дрожания (джиттера) на выходе и входе стыковых устройств.

В качестве примера на рисунке 2.2 приведена маска в которую должны укладываться импульсы стыкового сигнала ПЦК, шаблон допустимого фазового дрожания на первичном стыке, где Т- длительность тактового интервала (488 нс), А - размах фазового дрожания.

Более подробные характеристики вышеперечисленных стыковых цепей, а также некоторые другие характеристики приведены в ГОСТ 26886-86.

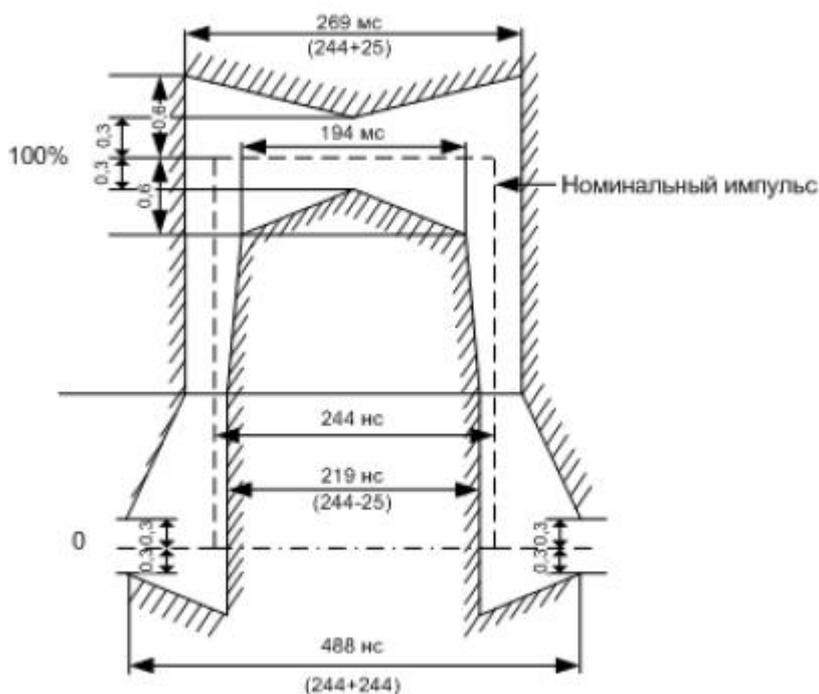


Рисунок 2.2 - маска в которую должны укладываться импульсы стыкового сигнала ПЦК

Стыки волоконно-оптических систем передачи. Ниже перечислены основные суставы, ГОСТ 27908-88 набор для цифровых волоконно-оптических линейных трактов (TSVOLT)

Основные цифровые суставы (OCS), обеспечивающие соединение цифровых входов и выходов лучшие в стандартной комплектации или оборудования TSVOLT канализации группового или оборудования другого линейного тракта. Следовательно OCS по параметры должны удовлетворять соответствующие разделы ГОСТ 26886-86 на стыках соответствующих уровнях иерархии.

Аппаратные-оптических кабельных муфт (ICCO) Обеспечиваются входы и выходы подключения Чива TSVOLT оптический кабель сети области регенерации, независимость от типа оптического волокна используется подразделяются на многомодовых и одиночный режим, и типы соединений - разъемные и постоянным.

Для классификации суставов использовали оптические информационной структуры. Обозначения типа код приложения дефис дальнейшее уровне приложений STM-N, точки и цифра, обозначающая длину волны источника излучения и типа прикладного прямого оптического кабеля. Дополнительные потери оптического тракта определяются, как уменьшение перекрываемого затухания, связанного с влиянием отражений, межсимвольным влиянием, шумами распределения мод и флуктуацией рабочей длины волны передатчика.

Для систем передачи со спектральным разделением каналов на основании рекомендаций МСЭ был выпущен отраслевой стандарт ОСТ 45.178-2001. Этот стандарт распространяется на оптические стыки систем передачи с оптическими усилителями и спектральным уплотнением, а также систем передачи без спектрального уплотнения, использующих оптические усилители (ОУс). В нем вводятся такие понятия, как:

- главный оптический тракт (ГОТ), заключенный между оптическими мультиплексорами и демультиплексорами (ОМ, ОД);
- точки стыка ГОТ при передаче (ГПд, Main Path Interface-S, MPI-S) и при приеме (ГПр, Main Path Interface-R, MPI-R);
- элементарные кабельные участки (ЭКУ).

В стандарте классифицированы по кодам применения основные стыки систем с ОУс и WDM/D WDM. Нормируемые значения параметров стыков сведены в таблицы по уровням СЦИ. При этом обозначения кодов применения несколько отличаются от кодов применения в стандартных системах СЦИ по ОСТ 45.104-97. Приведены нормируемые значения частот и длин волн для систем со спектральным разделением и различных типов оптических волокон.

### **2.3 Основные принципы технологии синхронной цифровой иерархии**

SDH транспортной системы. Развитие и совершенствование многоканальной данных систем передачи движется в направлении создания универсальных систем SDH транспорта, который не только передавать и принимать сигналы, но и выполняют дополнительные функциональный контроль, обслуживание и управление вся сеть, а также отдельные элементы. На уровне SDH транспортных систем аппаратной реализованы с использованием специальной информационных структур. Синхронной цифровой иерархии - это набор цифровых структур, стандартизованных для целей адаптации к физическим нагрузкам. Физические схемы могут быть организованы с помощью волоконно-оптических или электрических проводов

Рекомендациями МСЭ-Т определены стандартные уровни СЦИ, которые характеризуются структурой цикла и скоростью передачи группового сигнала. Для 1-го уровня установлена скорость передачи 155 520 Кбит/с, указываемая в технических данных аппаратуры сокращенно в виде

155 Мбит/с (см. рис. 5.2). Соотношение скоростей передачи первого и высших уровней кратно 4. Поэтому высшие уровни СЦИ, обозначаемые в общем виде буквой N, нумеруются соответственно как 4-, 16- и 64-й. А их скорости рассчитываются произведением скорости 1-го уровня и указанных коэффициентов. Так, скорость передачи сигналов в аппаратуре СЦИ 4-го уровня составляет 622 080 Кбит/с, (622 Мбит/с), 16-го уровня — 2 488 320 Кбит/с (2,5 Гбит/с), а 64-го — соответственно 9 953 280 Кбит/с (10 Гбит/с). Необходимо отметить, что в связи с развитием систем DWDM уровень STM-64 не получил широкого распространения в сетях связи нашей страны.

Основными принципами технологии СЦИ являются синхронное мультиплексирование, контейнеризация процесса переноса информации и объединение (интеграция) функций передачи, контроля, обслуживания и оперативного управления.

Синхронное мультиплексирование. В сетях СЦИ используется внешняя синхронизация местных генераторов отдельных сетевых элементов от центрального опорного источника с относительной нестабильностью частоты не хуже 10<sup>-11</sup>. Это позволяет получить высокостабильные потоки сигналов. Поэтому нет необходимости выравнивать скорости при их объединении (мультиплексировании) и разъединении (демультиплексировании), как это делается в системах ПЦИ.

При этом в СЦИ объединение потоков производится побайтно (октетно). Например, сигнал на выходе аппаратуры СЦИ 4-го уровня со скоростью передачи 622 Мбит/с получается за счет побайтного мультиплексирования 4-х синхронных цифровых потоков 1-го уровня со скоростью 155 Мбит/с. В свою очередь 4 сигнала СЦИ 4-го уровня путем синхронного мультиплексирования в аппаратуре СЦИ 16-го уровня позволяют получить поток со скоростью передачи 2,5 Гбит/с и т.д.

На вход аппаратуры СЦИ 1-го уровня в качестве компонентных потоков могут поступать стандартные сигналы СЦИ 1-го уровня в качестве

компонентных потоков могут поступать стандартные сигналы ПЦИ европейской (2; 34; 140 Мбит/с), американской или японской (1,5; 6; 32 или 45; 140 Мбит/с) иерархий. Это позволяет создавать и развивать сети СЦИ, не разрушая местные сети, которые построены на базе аппаратуры ПЦИ и выполняют функции сетей доступа. Компонентные потоки, скорости передачи которых соответствуют указанным выше стандартным скоростям ПЦИ, называются трибами ПЦИ.

За счет операции инкапсуляции, которая называется также методом последовательного вложения сигналов, по принципу «матрешки» из компонентных потоков ПЦИ формируется синхронный транспортный модуль 1-го уровня (STM-1). Он представляет собой формат сигналов линейного тракта аппаратуры СЦИ 1-го уровня. Линейные сигналы оборудования СЦИ более высоких уровней существуют соответственно в формате STM-N ( $N = 4, 16, 64$ ).

Сигналы, скорость передачи которых соответствует указанному выше стандартному ряду скоростей синхронной цифровой иерархии, называются трибами СЦИ.

Виртуальные контейнеры различаются по условному параметру - «емкости», в качестве которой принимается максимально допустимая скорость передачи размещаемого в нем компонентного сигнала. В зависимости от «емкости» виртуальному контейнеру присваивается ранг, который обозначается буквой п.

В системах СЦИ, применяемых на железнодорожном транспорте, используются виртуальные контейнеры VC-12, VC-3 и VC-4. Как видно из табл. 9.1, сигналы аппаратуры ИКМ-120У, ИКМ-120Т, ОВГ-25 со скоростью 8448 Кбит/с не могут быть размещены в контейнере VC-2 вследствие недостаточной его емкости. Поэтому для передачи по сети СЦИ сигнал со скоростью 8 Мбит/с необходимо демультиплексировать на 4 потока со

скоростью 2 Мбит/с и разместить их в поле полезной нагрузки 4-х контейнеров VC-12.

Параметры виртуальных контейнеров приведены в табл. 2.1.

Таблица 2.1 - Параметры виртуальных контейнеров

Виртуальный контейнер УС-п	Скорость сигналов ПЦИ, Мбит/с	Емкость контейнера, Мбит/с	Примечание
VC-11	1,5	1,7	Нижний ранг
VC-12	1,5 и 2	2,3	То же
VC-2	6	6,9	То же
VC-3	34 и 45	50	Верхний ранг
УС-4	140	150	То же

## 2.4 Объединение цифровых потоков в синхронной цифровой иерархии

Качественно новым этапом в развитии цифровых систем передачи явилось создание в 1989 г. синхронной цифровой иерархии - СЦИ (или Synchronous Digital Hierarchy - SDH). Передача информации в СЦИ сочетается с функцией контроля, управления и обслуживания (Operation, Administration and Management - OAM), что достигается введением в состав оборудования систем передачи компьютеров и соответствующих интерфейсных, контрольных и исполнительных устройств, имеющих доступ к соответствующим составляющим цифрового потока, элементов сети связи и называется транспортированием. Иными словами, СЦИ представляет набор унифицированных цифровых структур с целью транспортирования по физическим цепям необходимым образом адаптированных стандартных цифровых потоков.

Системы передачи СЦИ рассчитаны на транспортирование цифровых потоков (сигналов) ПЦИ различных стандартов и уровней, а также широкополосных сигналов, связанных с внедрением новых услуг электросвязи. Для каждого уровня СЦИ стандартизированы скорости передачи группового цифрового сигнала и структуры циклов.

Для первого уровня СЦИ установлена скорость передачи 155,52 Мбит/с. Скорости высших уровней получаются умножением скорости первого уровня на число, соответствующее наименованию уровня. Уровни СЦИ приведены в таблице 2.1.

Для передачи информации с вышеприведенными уровнями скоростей в СЦИ используются информационные блоки, называемые синхронными транспортными модулями (Synchronous Transport Module -STM), которые представляют собой блочную циклическую структуру с периодом повторения  $T_{ц} = 125$  мкс.

Кроме информационной нагрузки, STM несут значительный объем избыточных сигналов, обеспечивающих функционирование OAM, и др.

Исходной информационной нагрузкой для STM-N (N - порядок STM, N = 1,4, 16, 64,256) являются цифровые потоки ПЦИ со скоростями передачи (округленно) 2, 34 и 140 Мбит/с европейского стандарта ПЦИ и 1,5, 6,0 и 45 Мбит/с североамериканского стандарта ПЦИ.

Таблица 2.2 - Уровни СЦИ

Уровень иерархии	Синхронная цифровая иерархия	
	Обозначения	Скорости передачи, Мбит/с
Первый	STM-1	155,52=155
Четвертый	STM-4	155,52x4=622,08=622
Шестнадцатый	STM-16	155,52x16=2488,28=2500
Шестьдесят четвертый	STM-64	155,52x64=9953,28=10000
Двести пятьдесят шестой	STM-256	155,52x254=39813=40000

В качестве основного формата в СЦИ принят синхронный транспортный модуль - СТМ (или Synchronous Transport Modul - STM), имеющий скорость передачи 155,52 Мбит/с и включающий в себя цифровые потоки европейского и североамериканского стандартов ПЦИ.

Синхронный транспортный модуль представляет собой блочную циклическую структуру с периодом повторения 125 мкс. Основной модуль STM-1, модули высших уровней STM-4, STM-16, STM-64 и STM-256, кроме основной информационной нагрузки, несут значительный объем избыточных сигналов, обеспечивающих функции контроля, управления и обслуживания, а также ряд вспомогательных функций.

Структурная схема временного группообразования или мультиплексирования для STM-N потоков ПЦИ европейского и североамериканского стандартов приведена на рисунке 2.3.

Исходная информационная нагрузка (потоки PDH E1, E3 и E4 европейского стандарта и DS1, DS2 и DS3 американского стандарта) упаковывается в контейнеры С (Container) соответствующего уровня, представляющие базовые элементы структуры мультиплексирования SDH, соответствующие

уровням ПЦИ. Рассмотрим пример формирования синхронного транспортного модуля N-го уровня.

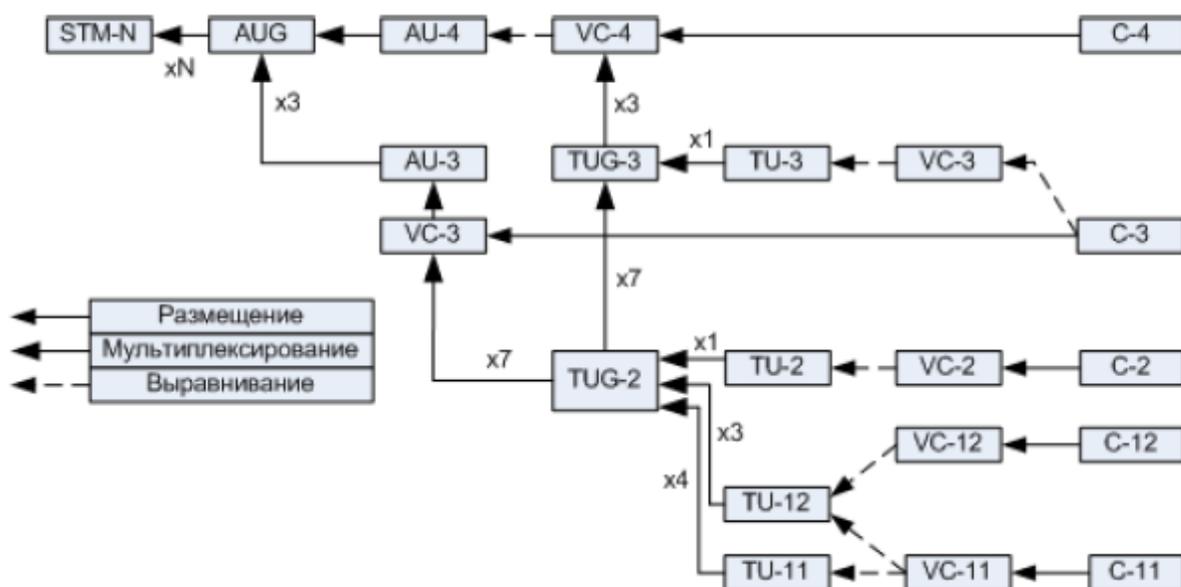


Рисунок 2.3 - Схема преобразований в синхронной цифровой иерархии.

Для европейского стандарта СЦИ имеют место следующие типы виртуальных контейнеров:

- VC-12, содержащий контейнер C-12 и трактовый заголовок - РОН, который путем выравнивания, заключающегося в добавлении байт указателя PTR (PoinTeR - указатель), преобразуется в компонентный блок уровня TU-12 (Tributary Unit - TU);

- VC-3 - виртуальный контейнер высшего уровня, содержащий контейнер C-3, трактовый заголовок - РОН, и далее выравниванием и добавлением байт указателя PTR преобразуется в компонентный блок уровня TU-3;

- VC-4 - виртуальный контейнер высшего уровня, содержащий контейнер C-4 и трактовый заголовок, который путем выравнивания и добавления байт PTR преобразуется в административный блок AU-4 (Administrative Unit - AU).

Соответствующим мультиплексированием с коэффициентами мультиплексирования, равными 3, 7 и 1, формируются группы компонентных блоков TUG (Tributary Unit Group) второго TUG-2 и третьего (высшего) TUG-3 уровней.

Как следует из рисунка 2.3, виртуальный контейнер VC-4 формируется либо на основе контейнера C-4, либо путем мультиплексирования с коэффициентом мультиплексирования, равным 3, из компонентных блоков TUG-3. Виртуальный контейнер VC-4 преобразуется в административный блок AU-4, а последний с помощью мультиплексирования преобразуется в группу административных блоков AUG.

Процесс формирования синхронного транспортного модуля уровня N, т.е. STM-N (где N=1, 4, 16 и 64) может быть условно представлен формулой:

$$STM-N = AUG-N + SOH, (2.3)$$

где AUG-N - группа административных блоков порядка N; SOH -Section Over Head - секционный заголовок, состоящий из двух частей: заголовка регенерационной секции или RSOH - Regeneration Section Over Head и заголовка мультиплексной секции или MSON - Multiplex Section Over Head.

Секцией СЦИ называется комплекс технических средств, предназначенный для передачи нормализованных синхронных транспортных модулей с соответствующей скоростью передачи. Секция СЦИ начинается (заканчивается) в месте формирования (удаления) заголовков SOH. Секция может быть регенерационной или мультиплексной.

Секционный заголовок - часть цикла STM-N, несущая информацию цикловой синхронизации, служебной связи, каналов системы обслуживания, каналов пользователя, качества секции и т.п.

Следовательно, заголовок регенерационной секции RSOH передается между регенераторами и выполняет функции цикловой синхронизации, контроля ошибок, указания порядка STM, создания канала передачи данных, служебной связи. Заголовок мультиплексной секции MSON передается

между точками доступа, в которых формируется и расформировывается VC, и выполняет функции контроля ошибок, создания канала управления автоматическим переключением на резерв, передачи данных и служебных связей различного назначения.

Рассмотрим основные этапы формирования синхронного транспортного модуля STM-1 на основе компонентных цифровых потоков плезиохронной цифровой иерархии различных стандартов:

1) Формирование STM-1 на основе компонентного потока E1.

Исходным является цифровой поток со скоростью 2048 Кбит/с или 32 байта в цикле длительностью  $T_{ц} = 125$  мкс.

Первый этап. С целью выравнивания скоростей путем добавления в структуру потока E1 2-х байт формируется контейнер типа C-12 (рисунок 2.3), т.е. информационный блок емкостью 34 байта.

Второй этап. Путем добавления в структуру C-12 трактового заголовка (Path Over Head - ГОН) емкостью в 1 байт формируется виртуальный контейнер типа VC-12 (Virtual Container-12) с информационной емкостью в 35 байт. На этом этапе также осуществляется процесс выравнивания скоростей.

Третий этап. В структуру VC-12 вводится 1 байт указателя (Pointer - PTR), определяющего местоположение отдельного VC-12 в структуре более высокого иерархического слоя, тем самым формируется субблок или трибный блок типа TU-12 (Tributary Unit - 12) информационной емкостью в 36 байт. На этом этапе происходит обработка указателей. Субблок TU-12 в технологии SDH представляется кадром (фреймом) или циклом, содержащим 4 столбца и 9 строк. Каждая ячейка такого кадра соответствует одному байту. На этом этапе, как и на двух предыдущих, также осуществляется процесс выравнивания скоростей.

Четвертый этап. Путем мультиплексирования 3 субблоков TU-12 получаем группу трибных блоков (субблоков) типа TUG-2 (Tributary Unit Group -

2), информационной емкостью  $36 \times 3 = 108$  байт. Трибутарный блок TUG-2 представляет цикл (фрейм), содержащий  $4 \times 3 = 12$  столбцов и 9 строк.

Пятый этап. Мультиплексированием 7-ми блоков TUG-2 формируется группа трибных блоков типа TUG-3 информационной емкостью  $7 \times 108 = 756$  байт. Трибутарный блок TUG-3 представляет цикл (фрейм), содержащий  $4 \times 3 \times 7 = 84$  столбца и 9 строк.

Шестой этап. С целью выравнивания скоростей в структуру TUG-3 добавляется 3 байта, соответствующих полю индикации нулевого указателя - NPI (Null Pointer Indicator), и 15 байтов, соответствующих фиксированному наполнителю (Fixed Stuff - FS) - пустому полю с фиксированным положением внутри цикла (фрейма). Таким образом, информационная емкость TUG-3 с учетом последнего составляет 774 байта или фрейм, состоящий из 86 столбцов и 9 строк.

Седьмой этап. Мультиплексированием 3 трибутарных блоков TUG-3 ( $774 \times 3 = 2322$  байта), добавлением 9 байтов трактового заголовка PОН ( $2322 + 9 = 2331$ ) и 18 байтов FS ( $2331 + 18 = 2349$ ) формируется виртуальный контейнер типа VC-4 информационной емкостью 2349 байт. Виртуальный VC-4 представляет собой фрейм (кадр), состоящий из 261 столбца и 9 строк.

Восьмой этап. В структуру контейнера VC-4 вводятся 9 байт указателя PTR, и в результате этого формируется административный блок типа AU-4 (Administrative Unit) емкостью  $2349 + 9 = 2358$  байт, представляющий собой фрейм (кадр), состоящий из 262 столбцов и 9 строк. Мультиплексированием блоков AU-4 получаем групповой административный блок AUG (Administrative Unit Group).

Девятый этап. Путем добавления в структуру блока AU-4  $3 \times 9 = 27$  байт регенерационного заголовка RSON и  $5 \times 9 = 45$  байт заголовка мультиплексной секции MSON формируется синхронный транспортный модуль первого порядка типа STM-1, представляющий собой фрейм (кадр), состоящий из 270 столбцов и 9 строк. Следовательно, информационная

емкость STM-1 равна  $270 \times 9 = 2430$  байт, а скорость передачи цифрового потока STM-1 равна  $2430 \times 8 \times 125 \times 10^6 = 155,52$  Мбит/с.

## 2) Формирование STM-1 на основе компонентного потока E3.

Исходным является цифровой поток E3 со скоростью передачи 34368 Кбит/с или последовательностью в 537 байт в цикле длительностью  $T_c = 125$  мкс, получаемой из соотношения  $34368 \times 1000 \times 125 \times 10^6 = 537$  байт.

Первый этап. Добавлением в структуру потока E3 219 байт осуществляется процесс выравнивания и формирования контейнера типа C-3 информационной емкостью  $537 + 219 = 756$  байт.

Второй этап. Продолжается процедура выравнивания и формирования виртуального контейнера типа VC-3 добавлением в структуру C-3 трактового заголовка POH 9 байт:  $VC-3 = C-3 + POH = 756 + 9 = 765$  байт.

Третий этап. С целью идентификации виртуального контейнера VC-3 в информационном слое более высокого порядка в структуру VC-3 вводится указатель PTR емкостью 3 байта и формируется трибный блок (субблок) типа TU-3, т.е.  $TU-3 = VC-3 + PTR = 765 + 3 = 768$  байт.

Четвертый этап. Добавлением 6 байтов, соответствующих фиксированному наполнителю (Fixed Stuff - FS), и мультиплексированием формируется групповой трибный блок типа TUG-3:  $TUG-3 = TU-3 + FS = 768 + 6 = 774$ .

Пятый этап. Мультиплексированием блока TUG-3 с коэффициентом умножения равным 3, формируется контейнер типа C-4, емкостью равной  $C-4 = 774 \times 3 = 2322$  байта.

Шестой этап. Добавлением к контейнеру C-4 9 байтов трактового заголовка POH получаем соответствующий ему виртуальный контейнер VC-4 емкостью 2331 байт.

Седьмой и восьмой этапы соответствуют двум последним этапам формирования STM-1 на основе потока E1.

## 3) Формирование STM-1 на основе компонентного потока E4.

Компонентный поток E4 имеет скорость 139264 Кбит/с, что соответствует последовательности емкостью в 2176 байт ( $139264/64=2176$ ) на длительности цикла  $T_{ц} = 125$  мкс.

Первый этап. Добавлением в структуру потока E4 164 выравнивающих байтов формируется контейнер типа C-4 емкостью 2340 байт.

Второй этап. Добавлением в структуру потока C4 9 байта трактового заголовка формируется виртуальный контейнер типа VC-4 емкостью 2349 байт.

Третий этап. Добавлением в структуру виртуального контейнера VC-4 9 байтов указателя PTR формируется административный блок типа AU-4 емкостью 2358 байт. Мультиплексированием этой информационной последовательности с коэффициентом умножения, равным 1, получаем групповой административный блок типа AUG-4.

Четвертый этап. Добавлением в структуру AUG-4 27 байт заголовка регенерационной секции RSOH и 45 байт заголовка мультиплексной секции MSON формируется STM-1:  $STM-1 = AUG-4 + RSOH + MSON = 2358 + 18 + 45 = 2430$  байт.

Сборка синхронных транспортных модулей более высокого порядка осуществляется мультиплексированием STM-1 с соответствующими коэффициентами умножения: 4, 16,64 и 256.

В СЦИ принято изображать цикл передачи (структуру модуля блока) в виде матрицы (или фрейма), содержащей  $n$  строк и  $m$  столбцов, передаваемых за период цикла, равный  $T_{ц} = 125$  мкс. Каждый элемент рамки содержит один байт информации (8 бит). Порядок передачи байтов во всех структурах один и тот же - слева направо, а затем сверху вниз. Наиболее значащий бит байта передается первым. Первые столбцы содержат обычные служебные каналы.

Приведен формат STM-1 с фрагментами отображения AXJ-M и VC-4.

Как следует из рисунка, таблица содержит  $n = 9$  строк и  $m = 270$  столбцов. Первые 9 столбцов и три строки используются для передачи

заголовков регенерационной секции RSOH; одна строка из девяти столбцов для передачи указателей группы административных блоков AUG-N, 5 строк из девяти столбцов служат для передачи секционного заголовка MSOH.

VC-4 четвертого порядка с трактовыми заголовками и указателями.

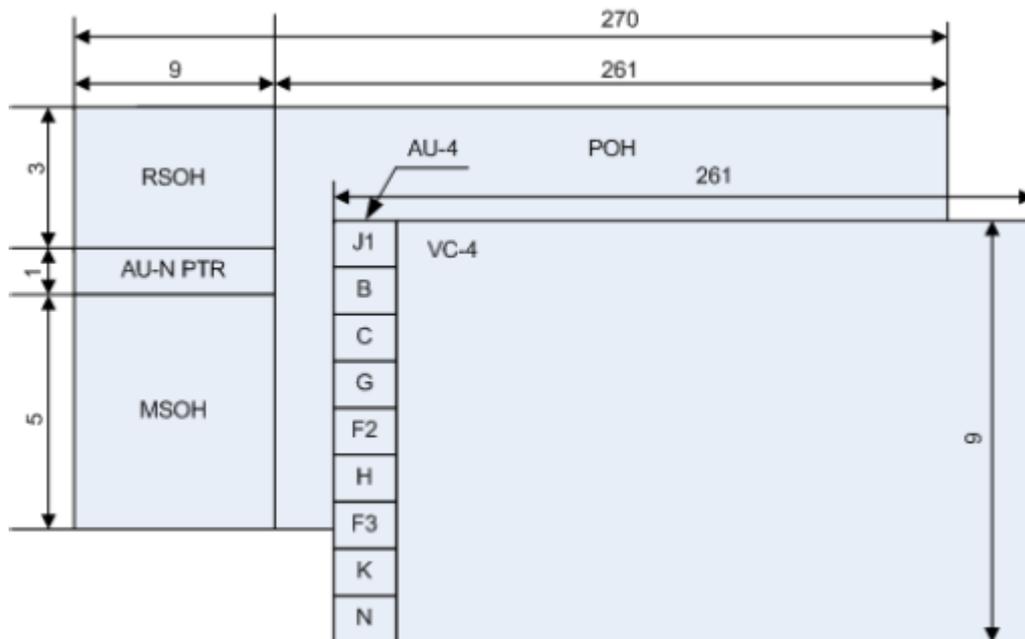


Рисунок 2.4 Структура цикла (фрейма) и фрагменты отображения AU-4 на STM

Структура заголовков STM и VC соответствующего уровня приведена на рисунке 2.5. Значения байтов каждого из заголовков следующие:

Для STM-1. A1, A2 - байты линейного сигнала цикловой синхронизации: A1 - 11110110 и A2 - 00101000; J0 - идентификатор модуля STM B1 - байт контроля ошибок с использованием кода ВГР-8 служит для проверки на четность с целью обнаружения ошибок на секции регенерации байт ВГР-8 формирует 8-битную последовательность, вычисляемую по всем битам предыдущего цикла после процедуры скремблирования, и помещает ее в байт B1 текущего цикла до скремблирования; B2 - байты контроля ошибок с использованием кода ВГР-24 служат для проверки на четность с целью обнаружения ошибок на мультиплексной секции; D1-D-3 - байты канала передачи данных между регенераторами со скоростью 64 x 3 кбит/с; D4-D-12

- байты канала передачи данных между мультиплексорами со скоростью 64x9 кбит/с; E1, E2 - байты канала служебной связи между регенераторами (E1) и мультиплексорами (E2); F1 - байт канала пользователя; K1, K2 - байты каналов автоматического переключения и оповещения при резервировании; M1 - байт сигнала оповещения ошибки с дальнего конца; S1(2) - байт статуса синхронизации; Z - байты для использования в национальных целях.

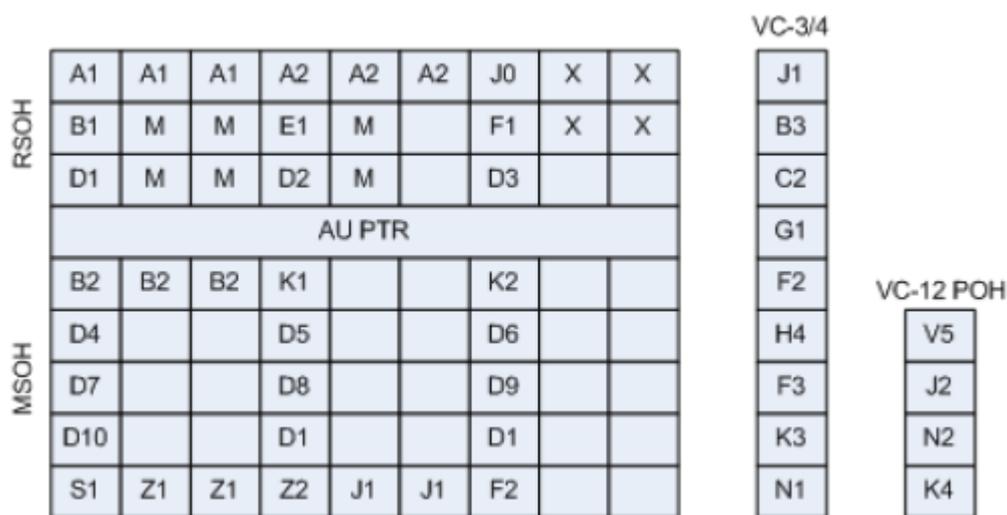


Рисунок 2.5 - Структура заголовков STM-1 и VC-12/3/4

Шесть байтов M могут быть использованы для идентификации среды передачи (волоконно-оптический кабель, радиорелейная линия, коаксиальный кабель); байты X используются для нужд национальных сетей. Все непомеченные байты зарезервированы для использования на последующих этапах международной стандартизации.

Для VC-3/4. J1 - байт идентификатора соответствующего виртуального тракта; B3 - байт обнаружения ошибок (BIP); C2 - байт сигнальной метки, используемый для оповещения дальнего конца о качестве приема сигналов VC-4/3; F2, F3 - байты канала пользователя; H4 - байт индикации сверхцикла, используется как цикловая метка, когда полезная информация распределена по нескольким циклам; K3 - байт канала автоматического переключения на резерв; N1 - байт контроля тандемного соединения операторов и канала

передачи данных; G1 - байт состояния маршрута, дающий информацию по обратной связи от конечной к исходной точке формирования маршрута.

Для VC-12. V5 - биты байта для обнаружения ошибок оповещения противоположного пункта о качестве приема и о неисправностях; J2 - байт идентификатора виртуального тракта; N2 - байт контроля сетевого оператора; K4 - байт канала автоматического переключения на резерв.

4) Формирование STM-1 на основе потока DS1 североамериканского стандарта. Миссия DS1 Текущий формально представить в виде последовательности 24 байтов  $\rightarrow$ . C-11 контейнер, имеющий емкость 25 байт и получают добавлением в режим байт  $\rightarrow$  выравнивания DS1. Возьмите VC-11 контейнер емкость 26 байт формируется путем введения структуру заголовка однобайтового P-11 ТРАКТОВАЯ RON. Формирование TU-11 в структуре субъединицы выполняется путем добавления VC-11 байт. Следовательно, способность Ту-11 составляет 27 байт. Мультиплексирование Мультиплексирование последний коэффициент, равный 4, чтобы получить группу подблоков, таких как TUG-2  $27 \times 4 = 108$  байт. Процесс после формирования STM-1 такой же, как в варианте осуществления сборки на основе потока E1.

И один из возможных вариантов: DS1 + 1 байт = 11 C = 25 байт 11 байт + 1 = VC-12 = 26 байт; VC-12 + 1 = Ту-11 байт = 27 байт. Далее, структура Ту-11 байт пустыми полями Ту-12 контейнеры FSTU.i2 = 9 байт добавляются (который не был формирование STM-1 в базе E1), тем самым формируя тип субъединицы = Ту-12 Ту-11 + 9 байт = 36 байт (ИППП  $\rightarrow$  емкость равна том же блоке формируется на основе E1).

5) Подготовка STM-1 на основе текущего стандарта DS2 Северная Америка. DS2 поток путем добавления соответствующего количества битов преобразуется из контейнера 2. Кроме добавления байт-2 байта заголовка Трактовая RON  $\rightarrow$  формируется виртуальный контейнер VC-2, и включение  $\rightarrow$  ния в структуре VC-2 байта указателя PTR получить ТУ-2 тип субъединицы.

Эта способность составляет 108 байт субъединицы. Мультиплексирование блок суб – Ту-2 с коэффициентом, равным 1, получаем субъединицы группы TUG-2. Задняя процесс формирования STM-1 такая же, как Вашингтон Mount варианты на основе DS1 или E1 поток.

б) Формирование STM-1 на основе потока DS3 североамериканского стандарта.

Поток DS3 формально может быть представлен в виде 699-байтной последовательности ( $44736 \cdot 125 \cdot 10^{-6} = 699$ ), которая путем добавления 57 байт доводится до емкости, равной 756 байтам, соответствующей емкости контейнера C-3 (рисунок 2.1). Добавляя 9 байт трактового заголовка, формируется виртуальный контейнер VC-3. Последующий процесс формирования STM-1 тот же, что и в вариантах сборки на основе потока E3 или потоков E1, DS1, DS2.

Скорости передачи цифровых потоков синхронных модулей более высоких порядков получаются умножением скорости передачи цифрового потока STM-1 на значение порядка N, т.е. на  $N = 4, 16, 64, 256$ . Следовательно, скорость передачи STM-4 будет равна  $C_4 = 155,52 \cdot 4 = 622,08$  Мбит/с; скорость передачи цифрового потока соответствующего STM-16, будет равна  $C_{16} = 155,52 \cdot 16 = 2488,32$  Мбит/с или  $C_{16} = 2,5$  Гбит/с; для STM-64 имеем:  $C_{64} = 155,52 \cdot 64 = 9953,28$  Мбит/с или  $C_{64} = 10$  Гбит/с и для STM-256 получим:  $C_{256} = 155,52 \cdot 256 = 39815,68$  Мбит/с или  $C_{256} = 40$  Гбит/с.

Рассмотрим структуру ТМ и его основные интерфейсы для формирования STM-1 на основе потоков E1 и E4.

Обобщенная структурная схема ТМ, осуществляющая мультиплексирование и демультимплексирование плезиохронных потоков E1, представлена на рисунке 2.6.

Компонентный цифровой поток Е1 поступает на модуль LOI (Lower Order Interface) - интерфейс низшего порядка или интерфейс формирования виртуального контейнера VC-12.

Модуль LOI состоит из трех функциональных блоков (рисунок 2.7).

Блок PPI (Plesiochronous Physical Interface) - плезиохронный физический интерфейс - предназначен для выделения из потока Е1 тактовой частоты, декодирования стыковочного кода HDB3 и передачи преобразованного потока Е1 в блок LPA.

При выводе компонентного потока из ТМ (т. е. при приеме) в этом блоке происходят обратные преобразования: формирование стыковочного кода HDB3 и адаптация соответствующего сигнала к физической среде.

Блок LPA (Lower order Path Adaptation) - адаптация тракта низшего порядка (компонентного потока Е1), состоящая в том, чтобы осуществить ввод преобразованного в PPI компонентного потока в синхронный контейнер C-12 и на приеме выполнить обратные преобразования. Кроме того, блок LPA выполняет операцию выравнивания скоростей (положительного/отрицательного) на уровне битов.

Блок LPT (Lower order Path Termination) - окончание (терминал) тракта низшего порядка. Этот блок предназначен для формирования виртуального контейнера VC-12 путем добавления в контейнер C-12 байтов трактового заголовка (РОН).

На приеме в блоке осуществляется анализ трактового заголовка РОН на оценку качества приема: наличия ошибок и информации об аварии.



Рисунок 2.6 - Структурная схема ТМ для формирования STM-1 на основе потока Е1



Рисунок 2.7 - Состав модуля LOI

Модуль LPC (Lower order Path Connection) - модуль коммутации трактов низшего порядка, обеспечивает гибкость расположения виртуального контейнера VC-12 в цифровых структурах мультиплексирования в цикле передачи субблоков TU-12.

Модуль LPC (рисунок 2.8) состоит из матриц оперативного подключения (ввода-вывода, передачи по тракту, конфигурирования) временных позиций (Time Slot - TS) в структуру более высокого порядка.

Конфигурация матрицы изменяется под воздействием команд из системы управления.

Модуль LCS (Lower order Connection Supervision) - модуль контроля подключения трактов низшего порядка и состоит из двух функциональных блоков LUG и LPOM.

Блок LUG (Lower order Unequipped Generator) - генератор загрузки тракта низшего порядка. При отсутствии компонентных потоков в блоке подключения трактов низшего порядка (LPC) из этого блока посылается сигнал загрузки, заменяющий информационный сигнал соответствующего компонентного потока.

Блок LPOM (Lower order Path Overhead Monitor) - монитор трактового заголовка тракта низшего порядка и служит для проверки на приеме указателя маршрута, содержащегося в POH.

Модуль HOA (Higher Order Assembler) - модуль сборки информационных структур высшего порядка и состоит из двух функциональных блоков ИР А и НРТ.

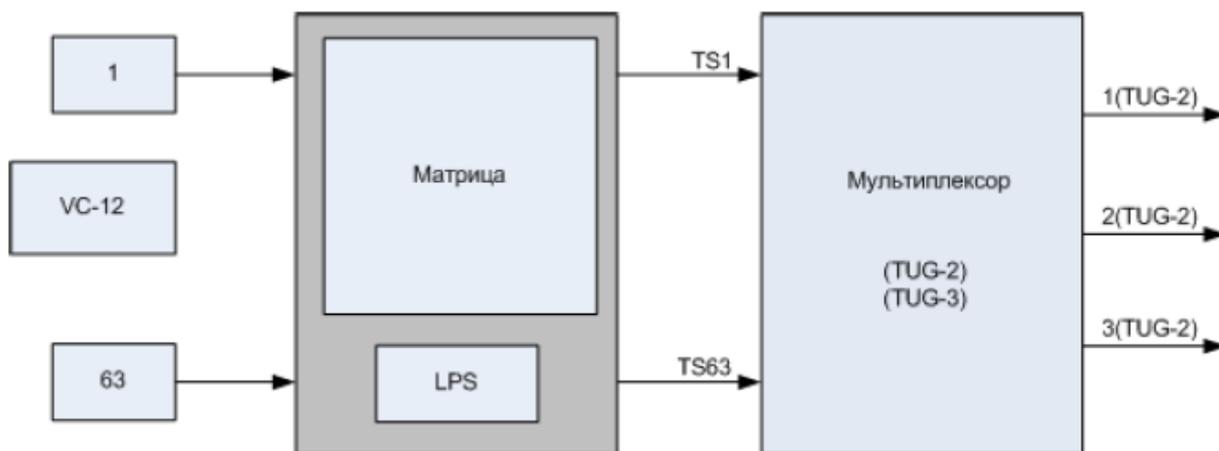


Рисунок 2.8 - Матрица подключений

Блок НР А (Higher order Path Adaptation) - блок адаптации тракта высшего порядка, предназначенный для ввода виртуального контейнера VC-12 в матрицу субблока (или транспортного блока) TU-12 и формирования указателя PTR. Кроме того, в этом блоке производится побайтное мультиплексирование различных транспортных блоков TU-12 и формирование, тем самым, по порядку информационных структур TUG-2 и TUG-3.

При приеме информации блок НРА выполняет операцию демуплексирования и последующего декодирования в каждом восстановленном блоке TU-12 величины указателя до тех пор, пока не определится начало виртуального контейнера VC-12.

Блок НРТ (Higher order Path Termination) - блок окончания (терминал) тракта высшего порядка. Функция блока НРТ состоит в формировании матрицы, относящейся к виртуальному контейнеру высшего порядка (VC-4), путем добавления в структуру группового блока TUG-3 девяти байтов, относящихся к трактовому заголовку РОН.

В тракте приема в этом блоке извлекается и дешифруется заголовок РОН, пока не будет осуществлена проверка маршрута.

Модуль НРС (Higher order Path Connection) - модуль подключения трактов высшего порядка и выполняет те же функции, что и модуль ЛРС, рассмотренный выше.

В практической реализации модуль НРС представляет собой матрицу, которая создает возможность гибкого размещения виртуального контейнера VC-4 в структуре цикла STM-N.

Модуль НСS (Higher order Connection Supervision) - модуль, предназначенный для контроля подключения трактов высшего порядка и состоит из двух функциональных блоков НУG и НРОМ.

Блок НУG (Higher order Unequipped Generator) - генератор загрузки тракта высшего порядка, который при отсутствии информационных потоков в блоке подключения трактов высшего порядка (НРС) вырабатывает сигнал, имитирующий загрузку.

Блок НРОМ (Higher order path Overhead Monitor) - монитор заголовка тракта высшего порядка, который служит для проверки на приеме указателя маршрута, содержащегося в трактовом заголовке РОН.

Модуль ТТF (Transport Terminal Function) - модуль с функциями транспортного терминала, формирующего информационную структуру синхронного транспортного модуля соответствующего порядка STM-1. Модуль ТТF состоит из пяти блоков: MSA, MSP, MST, RSTh SPI, (рисунок 2.9).

Блок MSA (Multiplex Section Adaptation) - блок адаптации секции мультиплексирования. Этот блок осуществляет ввод виртуального контейнера VC-4 в матрицу административного блока AU-4 и формирование его указателя PTR.

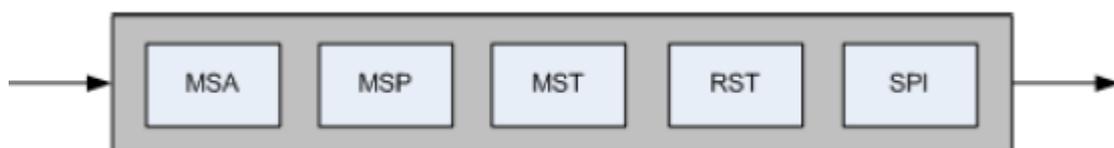


Рисунок 2.9 - Состав модуля ТТF

При приеме блок осуществляет декодирование величины указателя до тех пор, пока не определит начало структуры VC-4 внутри блока AU-4.

Блок MSP (Multiplex Section Protection) - блок защиты секции мультиплексирования в информационной структуре STM-1.

Все установки (опции) в блоке MSP практически осуществляются на основе управляющей информации из блока MST.

Блок MST (Multiplex Section Termination) - блок окончания (терминал) секции мультиплексирования, осуществляющий ввод/вывод байтов, относящихся к заголовку мультиплексной секции MSON.

В специально отведенных в заголовке MSON байтах K1 и K2 блок MST формирует информацию о критериях переключения направлений передачи с целью защиты информации, посылая соответствующие команды для выполнения блоку MSP.

Блок RST (Regenerator Section Termination) - блок окончания (терминал) регенерационной секции, осуществляющий ввод/вывод байтов, относящихся к заголовку регенерационной секции RSON. Кроме того, в блоке RST имеется скремблер, который преобразует псевдослучайным образом передаваемый сигнал STM-1, за исключением первой строки заголовка RSON, содержащей байты синхросигналов A1 и A2. При приеме осуществляются обратные операции.

Блок SPI (SDH Physical Interface) - блок, представляющий физический интерфейс между ступенью мультиплексирования и физической средой передачи (электрическим кабелем, волоконно-оптическим кабелем или радиорелейной линией передачи). При приеме информации, кроме декодирования линейных сигналов, блок SPI извлекает из сигнала STM-1 синхросигнал цикловой синхронизации.

Структура терминального мультиплексора для формирования STM-1 на основе потока Б4. Структурная схема терминального мультиплексора

формирования STM-1 на основе компонентного потока E4 приведена на рисунке 2.10.

Модуль NOI (Higher Order Interface) - интерфейс тракта высшего порядка, состоящий из трех функциональных блоков PPI, LP A, НРТ (рисунок 2.11).



Рисунок 2.10 - Структурная схема ТМ для формирования STM-1 на основе потока E4

Блок PPI (Plesiochronous Physical Interface) - плезиохронный физический интерфейс, осуществляющий выделение тактовой частоты из потока E4, декодирование соответствующего стыковочного кода и преобразование информационного сигнала в форму, необходимую для дальнейших преобразований, и передачу его в блок LP A.

Блок LP A (Lower order Path Adaptation) - блок адаптации тракта низшего порядка, осуществляющего ввод входного сигнала в синхронный контейнер C4; при приеме блок выполняет обратную операцию.

Если сигнал на входе — плезиохронный, то блок LP A осуществляет также и операцию двустороннего выравнивания скоростей на уровне битов.

Блок НРТ (Higher order Path Termination) - блок окончания (терминал) тракта высшего порядка, формирующий матрицу виртуального контейнера VC-4 путем добавления к информационной структуре контейнера C-4 девяти байтов трактового заголовка РОН. При приеме анализируется и интерпретируется заголовок РОН, пока не будет точно определен маршрут.

Модуль НРС (Higher Order Path Connection) - модуль подключения трактов высшего порядка, реализующий функцию подключения трактов высшего порядка, и состоит из единственной матрицы, которая дает воз-можности

гибкого размещения виртуального контейнера VC-4 внутри цикла передачи STM-N ( $N = 4, 16$ ).

Модуль HCS (Higher Order Connection Supervision) - модуль контроля подключения трактов высшего порядка и состоит из двух функциональных блоков: HUG и HPOM.

Блок HUG (Higher order Unequipped Generator) — генератор загрузки тракта высшего порядка, который при отсутствии информационного потока в модуле HPC вырабатывает сигнал, имитирующий загрузку.



Рисунок 2.11 - Состав модуля NOI

Блок HPOM (Higher order Path Overhead Monitor) - монитор заголовка тракта высшего порядка, который служит для проверки на приеме указания маршрута, содержащегося в заголовке POH.

Модуль TTF (Transport Terminal Function) - модуль с функциями транспортного терминала, формирующего информационную структуру синхронного транспортного модуля соответствующего порядка STM-1. Модуль TTF состоит из пяти функциональных блоков: MSA, MSP, MST, RST и SPI. Назначение модуля, его состав аналогичны ранее рассмотренному модулю для формирования синхронного транспортного модуля на основе потоков E1.

Управление в аппаратуре синхронной цифровой иерархии. Технология SDH предусматривает управление процессами формирования и передачи информационных потоков: виртуальных контейнеров и синхронных транспортных модулей. Обобщенная структурная схема управления приведена на (рисунке 2.12). Основными функциональными блоками оборудования управления являются:

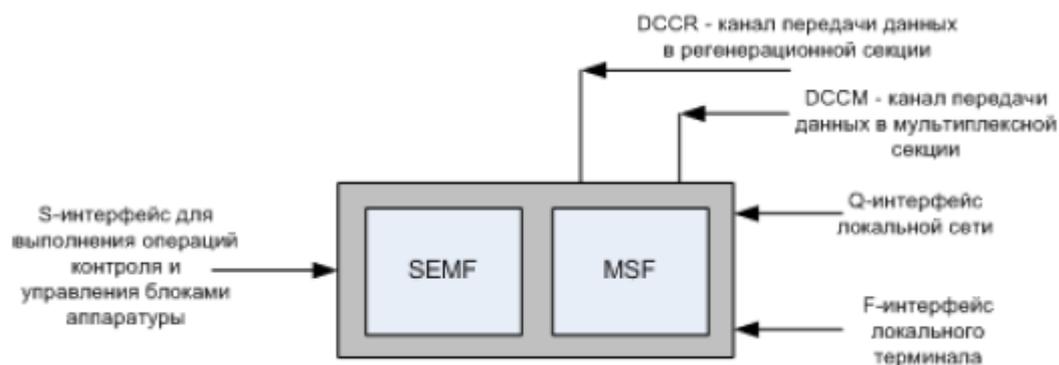


Рисунок 2.12 - Функциональная схема оборудования управления и контроля

Блок SEMF (Synchronous Equipment Management Function), выполняющий функции управления синхронным оборудованием. Его задачей является преобразование поступающей из аппаратуры сигнальной информации путем трансформации ее в сообщения об управлении в формате, требуемом для интерфейсов Q, F, DCC; и обратная задача - преобразование сообщений управления, исходящих от интерфейсов управления, в команды для аппаратуры.

Блок MCF (Message Communication Function), выполняющий функцию управления передачей сообщений между блоком SEMF и интерфейсами управления (Q, DCC, F), т.е. блок выполняет функцию маршрутизатора сообщений.

Обобщенная блок-схема STM-1 мультиплексор уровень терминала. Обобщенные функциональная блок-схема синхронного мультиплексора, показанного на рисунке (2.13). Он может быть использован, чтобы функционировать как:

терминальный мультиплексор, который является синхронный компонент E1 основе STM-1 транспортный модуль, EZ, Северная E4L DS3 и STM-4 поток в текущем Америка E4 или STM-Y количества соответствующих потоков показано на диаграмме;

- Линейный мультиплексор две клеммы добавил;

- Линейный регенератор работает с соответствующим резервированием
- Мультиплексор ввода / вывода с двумя или четырьмя блоками добавляются для сетей топологии соответствующий.

Мультиплексор содержит интерфейсы компонентных потоков и соответствующие им распределенные коммутаторы.

В модулях условно обозначенных E1, происходит формирование контейнеров C12, виртуальных контейнеров VC-12. Модуль LPC в совокупности с другими модулями обработки информационных структур низшего порядка реализует процесс формирования субблоков TU-12, группы субблоков TUG-2 или TUG-3.

Модуль HPC в совокупности с другими модулями обработки информационных структур высшего порядка формирует виртуальные контейнеры высшего порядка VC-3, VC-4.

В агрегатном блоке с помощью модуля с функциями транспортного терминала TTF осуществляется формирование синхронного транспортного модуля соответствующего порядка.

В блоках, условно обозначенных STM-1, с помощью модуля с функциями транспортного терминала TTF осуществляется формирование синхронного транспортного модуля соответствующего порядка.

На рисунке 2.13 также условно показаны шины управления и шины каналов передачи данных DCC - (Data Communication Channel), блок внешних подключений различного назначения AUX и цифровой канал служебной связи EO W (Engineering Order Wire/Wiring), а также источник синхронизации.

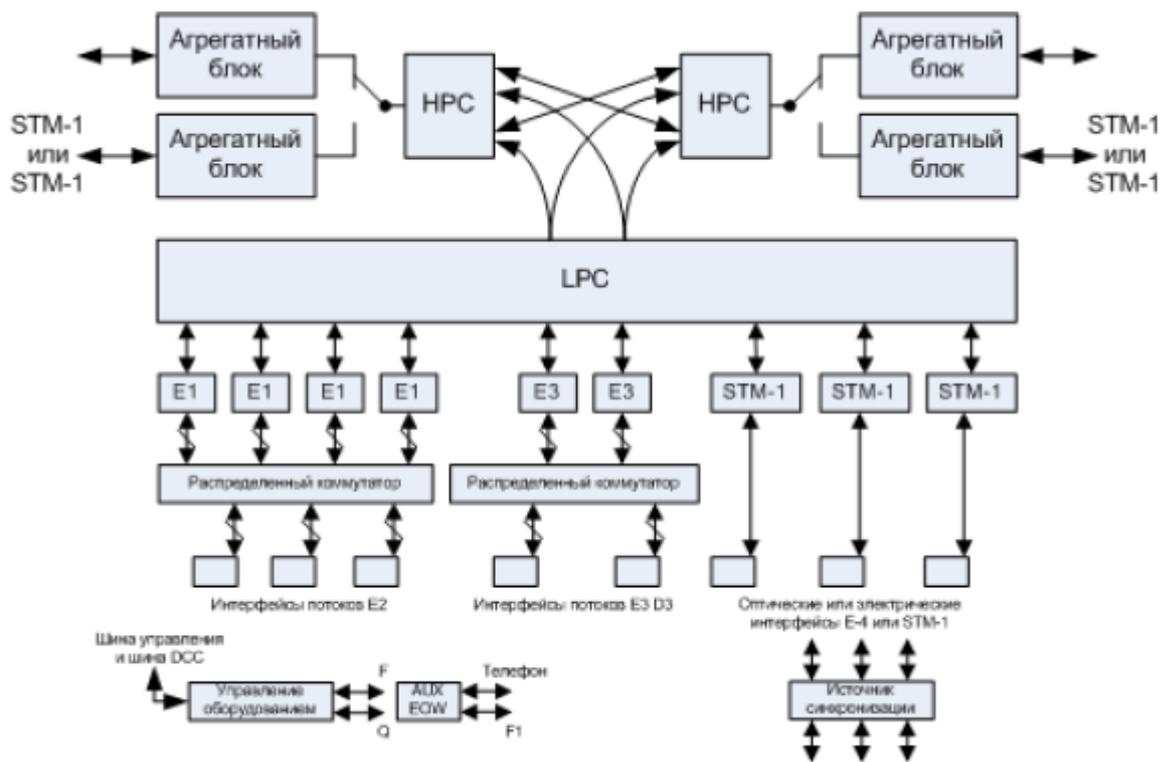
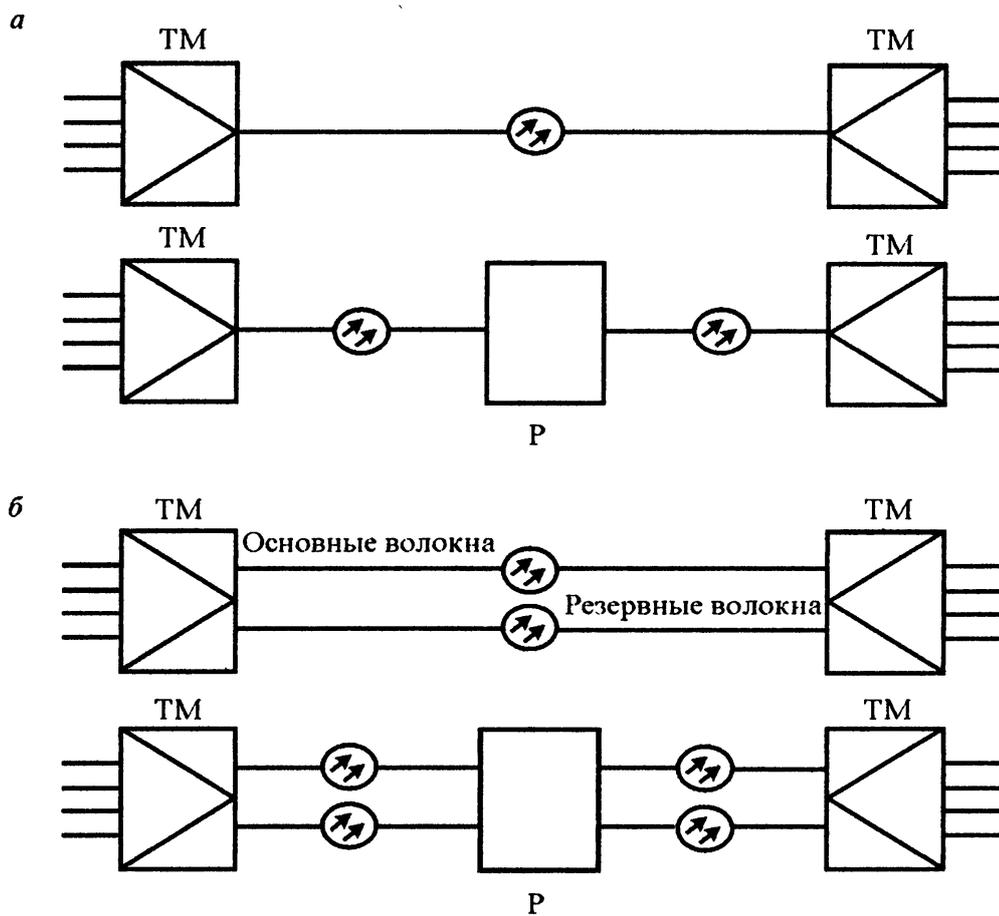


Рисунок 2.13 - Обобщенная функциональная схема терминального мультиплексора

## 2.5 Заключение

Во второй главе мы рассмотрели основные принципы построения первичной сети, принципы организации линейных трактов цифровой системы передачи информации с использованием волоконно-оптических кабелей, уровни СЦИ(Синхронная цифровая иерархия).



#### 2.14. Принципы построения цифровой сети:

а – топология «точка-точка» без резервирования; б – топология «точка-точка» с резервированием по схеме 1+1

Показали обобщенную структурную схему терминального мультиплексора уровня STM-1.

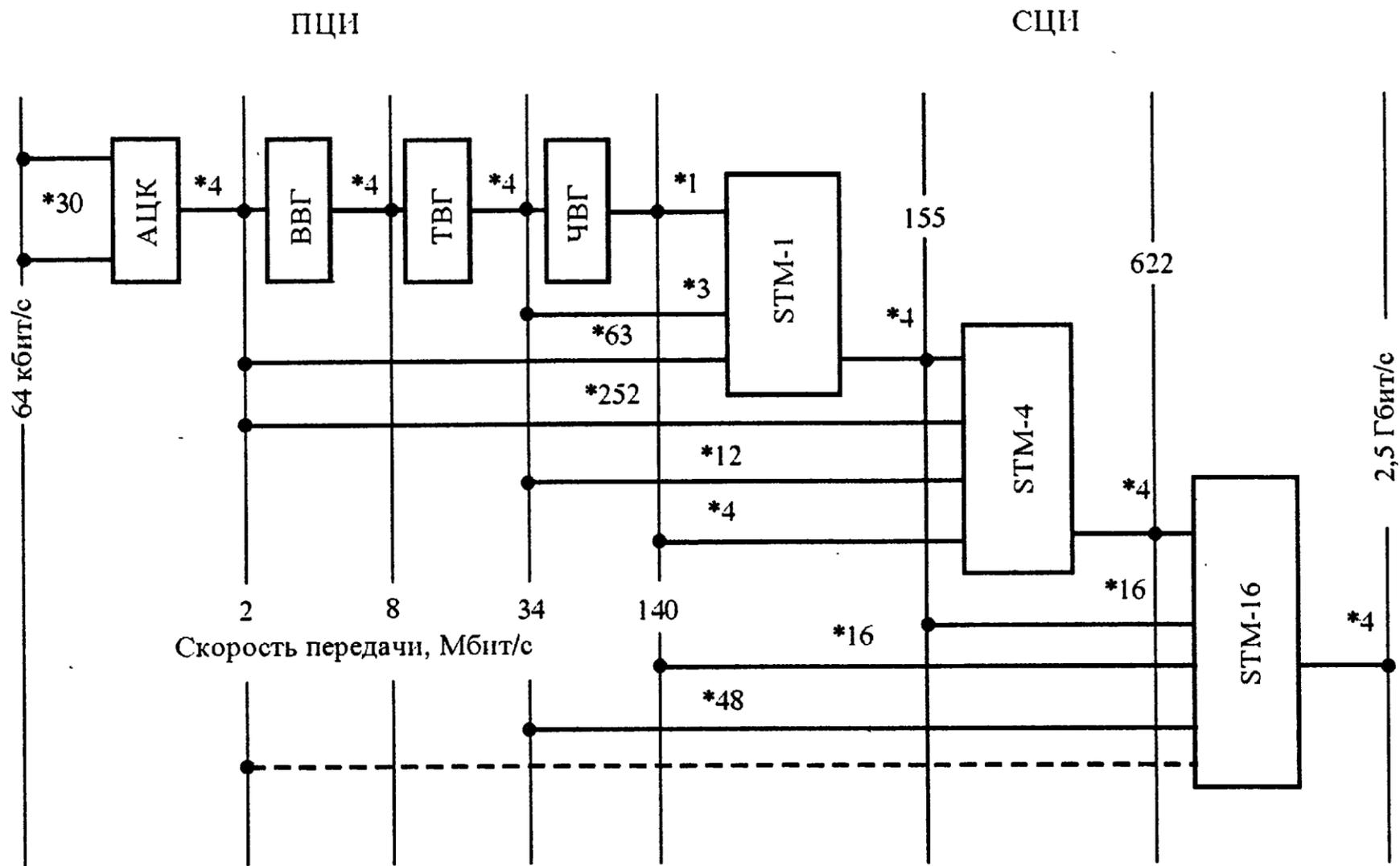


Рис. 2.15. Взаимодействие цифровых сетей иерархии пци с сци

### 3. ОРГАНИЗАЦИЯ ПЕРВИЧНОЙ СЕТИ СВЯЗИ

#### 3.1. Расчет числа каналов связи

Расчет числа каналов связи на выбранном участке N рассчитывается на основе числа людей, живущих в этих областях. Количество может быть определено на основе статистических данных последней переписи. Обычно перепись проводится раз в пять лет, поэтому важно принимать во внимание рост населения. Воспользуемся случайными данными (допустим перепись проводилась в городах 2011 году) : в город №1 – 460 тыс.чел., в городе №2 около 500 тыс.чел., в городе №3-1,6 млн.чел.

Таким образом, количество населения в этих пунктах, а также окрестностях с учетом среднего прироста определяется:

$$H_t = H_0 \cdot \left(1 + \frac{\Delta H}{100}\right)^t, \text{ чел.}, \quad (3.1)$$

где  $H_0$  – число жителей на время проведения переписи населения, чел.;

$\Delta H$  – среднегодовой прирост населения в области, %, (принимается (2-3)%);

$t$  – период, определяемый как разность между назначенным годом перспективного проектирования и годом проведения переписи населения, год.

Год перспективного проектирования принимается на 5,10 лет вперед по сравнению с текущим годом. Если в проекте принять 5 лет вперед то:

$$t=5+(t_n-t_0) \quad (3.2)$$

где  $t_n$  –год составления проекта;  $t_n = 2016$  год

$t_0$  – год, к которому относятся данные  $H_0$  ;  $t_0 = 2011$  год

$$t=5+(2016-2011)=5+5=10 \text{ лет}$$

По формуле (3.1) рассчитаем численность населения в городе №2  $H_{t_2}$  и в городе №3  $H_{t_3}$  :

$$H_{t_2} = 500000 \times (1+2/100)^{10} = 609497$$

$$H_{t_3} = 1600000 \times (1+2/100)^{10} = 1950391$$

Учитывая тот факт, что телефонные линии в междугородной связи преобладают, Вы должны сначала определить количество голосовых каналов между заданными пунктами. Чтобы рассчитать количество телефонных каналов можно использовать приближенную формулу:

$$n_{\text{тлф}} = \alpha \cdot K_T \cdot y \cdot \frac{m_a \cdot m_b}{m_a + m_b} + \beta, \quad (3.3)$$

где  $\alpha$  и  $\beta$  – постоянные коэффициенты, соответствующие фиксированной доступности и заданным потерям; обычно потери задаются равными 5%, тогда  $\alpha=1,3$ ;  $\beta=5,6$ ;

$y$  - удельная нагрузка, то есть средняя нагрузка, создаваемая одним абонентом,  $y=0,15$  Эрл.;

$K_T$  – коэффициент тяготения, колеблется в широких пределах от (0,1 до 12)%. В проекте принимаем  $K_T=12\%$ , т.е.  $K_T=0,12$ ;

$M_A$  и  $M_B$  - количество абонентов, обслуживаемых любой конечной точке определяется по количеству людей, живущих в зоне обслуживания. Принимая среднее соотношение населения мобильное оборудование, равным 0,3, число абонентов определяется как:

$$m = 0.3 \times N_t \quad (3.4)$$

$$m_a = 0.3 \times N_{ta} = 0,3 \times 609497 = 182849 \text{ чел.}$$

$$m_b = 0.3 \times N_{tb} = 0,3 \times 1950391 = 585117 \text{ чел.}$$

Теперь по формуле (3.3) находим  $n_{\text{тлф}}$ :

$$n_{\text{тлф}} = 1,3 \times 0,12 \times 0,15 \times (182849 \times 585117) / (182849 + 585117) + 5,6 = 3266$$

Учитывая, что первичный цифровой канал 2Мб/с состоит из 30 стандартных каналов, получим:

$$3266 / 30 = 109 \text{ х } 2\text{Мб/с потоков или } 3270 \text{ каналов.}$$

По кабельной линии передачи организуются каналы других видов связи, а также учитываются транзитные каналы.

Общее число каналов по данной системе требуется:

$$N = N_{\text{тлф}} + N_{\text{в}} + N_{\text{тр}} \quad (3.5)$$

где  $N_b$  – число каналов ТЧ для передачи сигналов вещания, под вещание отводится 1 x 2Мб/с поток;

$N_{tr}$  – число транзитных каналов. В число транзитных каналов входят каналы связи областных центров с районными центрами, а также каналы для связи Узбекистана с ближним и дальним зарубежьем.

Для связи областных центров с районными предусматривается 15 x 2Мб/с потоков. Для связи областных центров с МЦК-2 в городе №6: город №1 -10 x 2Мб/с потоков; город №2 -10 x 2Мб/с потока; город №3 - 2 x 2Мб/с потока; город №4 - 5 x 2Мб/с потока; город №5 –40 x 2Мб/с потока.

Для связи областных центров с МЦК-1 в городе №3: город №1 -10 x 2Мб/с потоков; город №2 -10 x 2Мб/с потока; город №4 - 3 x 2Мб/с потока; город №5 - 15 x 2Мб/с потока.

Все за счет Узбекистана 115x2Мб / сек. Кроме того, учитывая труба позволит выпуске Центральной Азии России также:

Узбекистан - Таджикистан 3 x 2Мб/с потока;

Узбекистан - Казахстан- 5 x 2Мб/с потока;

Узбекистан - Киргизия - 2 x 2Мб/с потока;

Узбекистан - Туркмения - 3 x 2Мб/с потока;

Узбекистан – РФ -37 x 2Мб/с потока

Итого транзит на РФ -50 x 2Мб/с потока

Всего транзитных потоков 165 x 2Мб/с потока

$N = 109 + 1+165= 275$  x 2Мб/с потоков или 8250 каналов.

Учитывая, что кольцо будет организована схема связи необходимо 100% резерв потоков, тогда

$N_{общ} = 275 \times 2 = 550$  x 2Мб/с потоков, 16500 каналов.

Проведем еще один анализ:

STM-1 имеет 63 x 2-х мегабитных потоков или 1890 каналов.

STM-4 вмещает 63 x 4= 252 x 2Мб/с потока, 7560 каналов. Это не удовлетворяет нашим потребностям, следующая в иерархии система

передачи STM-16 которая вмещает  $63 \times 16 = 1008 \times 2\text{Мб/с}$  потока или 30240 каналов. Что соответствует проектной емкости.

### 3.2 Выбор волоконно-оптического кабеля

Для обеспечения 1 +1 STM-16 (складочный) требуется 4 работы волокна. Кроме того, бронирование 2 основной и 2 для зональной организации связи. С точки зрения развития и доступа к северу кабеля 12 волокон одномодовые волокна и дисперсии шаг Sincor-DF (ZN) 2Y3X4E9/125 0.38F3.5 0,22 H18 с бод 622,080 Мбит / с, работающих при длина волны = 1550 нм. Волоконно-кабель 12, то есть, 6 волокон в одном направлении (канал 7560h6 = 45360) и 6 обратное (канал 45360). Поэтому  $45360 - 16500 = 28860$  будет избыточные каналы. Вот особенности выбранного кабеля:

- 1-12 одномодовых волоконно;
- Рабочая длина волны 1550 нм;
- Центральный элемент неметаллических;
- Оптические модули с типом вращения SZ;
- Пробелы и полный оптические модули гидрофобный материал;
- Наружный слой из полиэтилена;
- Все диэлектрические кабели;
- Подходит для установки в кабельных каналах.

Ядро волоконно-оптический кабель (ВОК) с более высоким коэффициентом преломления по сравнению с оболочкой, состоит из SiO<sub>2</sub> (диоксид кремния) с добавкой GeO<sub>2</sub> (диоксид германия).

Покрытие волокнистого материала из SiO<sub>2</sub> (диоксид кремния). Главный этаж - ароксиякrelat. Применяется в двух слоев различных модулей. Внутренний слой немного мягче, чем снаружи. Это защищает стеклянные микро потери и образивнуh износ. Размеры базового слоя является 250mkm ±

15 мкм. Базовый слой легко удаляется с помощью механических средств, чтобы удалить покрытие. Нет химические составы для удаления покрытия.

Оптические характеристики кабелей в таблице 3.1.

Таблица 3.1- оптические характеристики кабеля типа A-DF(ZN) 2Y 3x4  
E9/125 0.38F3.5+0.22H.18

Диаметр Поле месте (1550) Mode	10,5мкм+/-1,5мкм
Диаметр покрытого волокна	125мкм+/-2мкм
Режим Ошибка поле биение место	1мкм
охват Округлость	2%
Профиль показателя преломления	N1 шаговой
тип	N2 согласующее покрытие
Ядро показатель преломления 1550	1,4681
окно цифровой индикации	0,13
Волоконно кабель критическая длина волны	1250нм
Затухание при длине волны 1550 нм	0,22 дБ/км
Дисперсии на 1550 нм	18пс/(нм × км)

Доказательство нагрузочный тест: 8N в 1 секунду; напряжения: 1% сопротивление разрыву волокна по крайней мере: 150N/mm<sup>2</sup>. Волокно размещается в оптическом модуле, называемом буферной трубкой. В буфере можно разместить одно или более волокон; волокна свободно лежат в трубке, статистически в центре трубки. Благодаря скрутке буфера сверхпротяженность составляет около 0,3-0,5%. Это означает, что если к кабелю применяется растягивающее усилие, а отсюда и к сердечнику, относительное удлинение в широком диапазоне не повлияет на нагрузку волокна, и не будет наблюдаться увеличение затухания.

Способ буферной трубки также применяется в случае сжатия или расширения кабеля из-за разницы температур. Структура также хорошо как защиту от перекрестного сжатия. SZ использовано - витая спираль с переменных направлений. Когда SZ многожильный меняет свое направление

с помощью определенного числа оборотов, так что элементы описания первого намоточного вала S проверка кабеля, а затем после смены направления в точке изменением формы Z. направление, которые параллельны оси кабеля. Когда SZ мель из-за устойчивости ряда элементов, необходимых для крутить их по спирали вокруг крепежной ленты, чтобы держать их в правильном состоянии витая. Технические характеристики кабеля приведены в таблице 2.2.

### 3.3. Расчет длины участка регенерации ВОСП

Вам нужно вычислить длину двух значений ослабления секцию регенерации:

Максимальная - Максимальная длина конструкции восстановления;

Мин - минимальная продолжительность проекта регенерации.

Для оценки величины длин участка регенерации могут быть использованы следующие выражения:

$$L_{атгх} = \frac{A_{max} - M - n * A_{pc}}{A_{ок} + A_{нс} / L_{стр}}; \quad (3.6)$$

$$L_{a min} = \frac{A_{min}}{A_{ок} + A_{нс} / L_{стр}}; \quad (3.7)$$

где  $A_{max}$ ,  $A_{min}$  (дБ) – максимальное и минимальное значения перекрываемого затухания аппаратуры ВОСП.

$A_{ок}$ (дБ/км) – километрическое затухание в оптических волокнах кабеля;

$A_{нс}$ (дБ) – среднее значение затухания мощности оптического излучения неразъемного оптического соединителя на стыке между строительными длинами кабеля на участке регенерации;

$L_{стр}$  (км) – среднее значение строительной длины кабеля на участке регенерации;

Арс (дБ) – затухание мощности оптического излучения разъемного оптического соединителя;

n – число разъемных оптических соединителей на участке регенерации;

M (дБ) – системный запас ВОСП по кабелю на участке регенерации;

$$L_{amax} = \frac{33 - 5 - 2 * 1}{0.23 + 0.04 / 6} = 110 \text{ км}$$

$$L_{amin} = \frac{22}{0,23 + 0,04 / 6} = 93 \text{ км}$$

### 3.3.2 Расчет участка регенерации

Работник состоит из мощных длины кабеля и сращивание с завода и продолжается до первых контактами на концах. Параметры главной передачей, которые необходимо учитывать при проектировании линии волоконно-оптических кабелей являются ослабление и пропускная способность оптического волокна используется, потеря разъемов, муфты, устройства ввода O, и т.д., и действия, которые вы хотите поместить в проектные команды, резервы, чтобы компенсировать потери в ремонте постоянных связей и магистральных кабелей предназначены для долгой жизни. Особенности ВОК должны обеспечивать максимальную регенератор длина секции Lp. Регенераторы почти полностью восстановить исходную форму сигнала и его положение во времени, так что Lp является одним из основных параметров оптоволоконных линий. Оптический кабель Siesoc подпись с помощью A-DF (ZN) 2Y 3x4 E9/125 F3.5 0,38 0,22 H18 тяжелых длина 6000 м, STM-16 ток 2,5 Гбит / с. Приложение 5 показывает блок-схема связи с синхронные мультиплексоры SMA линейные приводы SLD-16-16 Siemens, состоящее из мультиплексоры изменить, передатчики, усилители; Лобби: усилители, ресиверы и демультиплексоры.

Таблица 3.2 - технические характеристики кабеля тип А-DF(ZN) 2У 3х4  
Е9/125 0.38F3.5+0.22Н.18 Волоконно Количество 2 – 30 32 – 48 50 – 96

Волоконно Количество	2 – 30	32 – 48	50 – 96
Примерно диаметр (мм)	10,3	12,3	13,8
Приблизительный вес (кг / км)	85	125	141
Минимальный радиус изгиба, мм	300 200	350 250	400 300
Во время установки	2700 1300	2700 1300	2700 1300
Установленная	2000	2000	2000
Предел прочности при растяжении, Н	30	30	30
В краткосрочной перспективе (в процессе установки)	-30 .70	-30 .70	-30 .70
Длительное (в сборе)	-5 .50	-5 .50	-5 .50

Технические характеристики оборудования линейного тракта STM-16 соответствуют нормам МСЭ и имеют следующие параметры на длине волны равной 1550 нм:

Уровень оптической мощности на выходе передатчика:

$R_{\text{вых пер}} = -3 \dots -2$  дБ;

Уровень оптической мощности на выходе усилителя:

$R_{\text{вых ус}} = 13 \dots 16$  дБ;

Уровень оптической мощности на входе предусилителя:

$R_{\text{вх предус}} = -45 \dots -15$  дБ;

Уровень оптической мощности на входе приемника:

$R_{\text{вх пр}} = -36 \dots -8$ ;

Функциональные схемы оконечного оборудования приведены в приложениях. Учитывая, что самый протяженный участок магистрали с города №1 до города №2- 171 км, сделаем расчет для этого участка.

Найти количество муфт в этом секторе:

$L=171$  км; Строительная длина кабеля  $L_{стр}=6$  км.:

$$N_{муфт} = L/L_{стр} - 1 = 171/6 - 1 = 30 \text{ муфт (3.8)}$$

Определим затухание кабеля:

$$S_k = 0,22 \times 171 = 37,62 \text{ дБ}$$

$S_k$ -затухание кабеля, 37,62 дБ

$A_{эзап}$  – эксплуатационный запас аппаратуры, 3 дБ;

$A_{рс}$  – потери в разъемных соединителях, 0,15 дБ;

$A_{эк}$  – эксплуатационный запас кабеля, 3 дБ;

$a$  - погрешность  $D$  измерения затухани

$$D_a = N_{муфты} \times A_{нс} \text{ (3.9)}$$

где  $A_{нс}$  – среднее значение неразъемного соединения, 0,05 дБ.

$$D_a = 30 \times 0,05 = 1,5 \text{ дБ.}$$

Тогда общее затухание составит:

$$S_{общ} = S_k + A_{эзап} + 4A_{рс} + A_{эк} + D_a = 37,62 + 3 + 0,6 + 3 + 1,5 = 45,72 \text{ дБ (3.10)}$$

Уровень на входе приемника будет:

$$P_{вх} = 2 \text{ дБ} - 45,72 \text{ дБ} = -43,72 \text{ дБ}$$

Уровень сигнала на входе приемника будет ниже нормы, а следовательно необходим бустер на передаче, который усиливает уровень сигнала на 13 дБ.

Тогда уровень на приеме будет:

$$P_{вх} = 2 \text{ дБ} + 13 \text{ дБ} - 43,72 \text{ дБ} = -28,72 \text{ дБ}$$

Это соответствует норме.

Определим длину регенерационного участка не требующего дополнительного предусилителя.

Учитывая то, что уровень сигнала  $P_{вх}$  не должен быть меньше  $-36\text{дБ}$ , а на длине участка  $171\text{ км}$  мы получили затухание  $45,72\text{ дБ}$ , то превышение затухания составит:

$$a = 45,72\text{дБ} - 36\text{дБ} = 9,72\text{ дБ}$$

Тогда длина регенерационного участка без предусилителя равна:

$$L_{рег} = 171 - 9,72/0,22 = 126,8\text{ км}$$

Учитывая данные расчетов на шести участках необходимо использовать предусилители. Это участки:

- город №1 – город №2 ( $L=171\text{ км.}$ )
- город №2 – город №3 ( $L=155,2\text{ км.}$ )
- город №3 – город №4 ( $L=169\text{ км.}$ )
- город №4 – город №5 ( $L=142,9\text{ км.}$ )
- город №5 – город №6 ( $L=151\text{ км.}$ )
- город №6 – город №7 ( $L=162,7\text{ км.}$ )

### 3.4 Расчет основных характеристик оптического волокна

MS: проверяется с использованием обычных методов измерения. Требуется установить правила на параметры ОМ и смежных методов измерения. В Европе развитие таких стандартов, Рабочая группа 28 отвечает Комитет CENELEC Электронные компоненты, по всему миру - Технический комитет 86 Международной электротехнической комиссии.

Наиболее важным параметром обобщенного оптического волокна, используемого для оценки его свойств является нормированная частота  $V$  получается суммой функции цилиндрическая основных аргументов ( $G1 A$ ) и оболочки ( $G2$ ):

$$V = ((g_1 a)^2 - (g_2 a)^2)^{1/2} = ((k_1^2 - b^2) + (b^2 - k_2^2))^{1/2} = (k_1^2 - k_2^2)^{1/2} = 2 \cdot \pi \cdot a(n_1^2 - n_2^2)^{1/2} / \lambda = 2 \times 3.14 \times 4,5 \times 10^{-6} \times 0.13 / (1.55 \times 10^{-6}) = 2,3702 \quad (3.11)$$

где  $a$  - радиус сердцевины оболочки,  $a = 4,5\text{ мкм}$ ;

$n_1$  - показатель преломления сердцевины,  $n_1=1,4681$ ;

$n_2$  - показатель преломления оболочки,  $n_2=1,4623$ .

Провести расчет параметров кабеля, основываясь на том, что одномодовые волокна имеют индекс скачка диаметр сердцевины  $2a = 9\text{ мкм}$  и критическая длина волны  $\lambda = 1250\text{ нм}$ , режим диаметр поля  $2W_0$  на длине волны  $1550\text{ нм}$  длины волны.

$$2w_0 \approx (2,6 \times \lambda / V_c \times l_c) \times 2a \quad (3.12)$$

где  $\lambda$  - рабочая длина волны, нм;

$l_c$  - критическая длина волны, выше которой в световоде направляется только основная мода;

$V_c$  - критическая нормированная частота, для одномодового режима  $V_c=2,405$ .

$$\lambda=1550\text{ нм}: 2w_0 \approx (2,6 \times 1550 / 2,405 \times 1250) \times 9 = 12\text{ мкм}$$

Если одномодовые ВС имеют изгибы или соединения, то размер диаметра поля моды является важным фактором влияющим на характеристики затухания. Так, увеличение диаметра поля моды приводит к ухудшению пропускания света в изгибах, но уменьшает потери в разъемных и неразъемных соединениях.

Открытие - это угол между оптической осью и образующей конуса света, поступающего в конец оптического волокна, в котором условие полного внутреннего отражения.

Расчет преломления  $n_2$  покрытия на основе оптических характеристик кабеле числовой апертурой  $NA = 0,13$  Известно что:

$$NA = \sqrt{n_1^2 - n_2^2} \quad (3.13)$$

$n_1$  - показатель преломления сердцевины,  $1,4681$ .

Тогда:

$$n_2 = \sqrt{n_1^2 - NA^2}$$

$$n_2 = \sqrt{1.4681^2 - 0.13^2} = \sqrt{2.1553 - 0.0169} = 1.4623$$

Так как интерфейс клетчатки и жидкого ядра - оболочки являются прозрачное стекло, возможно, это не просто отражение оптического луча, но его проникновение в оболочку. Чтобы избежать передачи энергии в оболочку и излучения в окружающую среду необходимо, чтобы выполнялось условие полного внутреннего отражения и диафрагмы.

Известно, что при переходе от среды с более высокой плотностью в середине низкой плотности, т.е. когда  $n_1 > n_2$ , волна на определенном угле падения полностью отражается и не проходит в другую среду. Угол падения всей отражается от границы между медиа энергии, когда  $WP = n_1$ , называется угол полного внутреннего отражения:

$$\sin \theta = \frac{n_2}{n_1} = \sqrt{\frac{m_2 \cdot e_2}{m_1 \cdot e_1}} \quad (3.14)$$

где:  $m$  и  $e$  – соответственно магнитная и диэлектрическая проницаемости сердечника ( $m_1, e_1$ ) и оболочки ( $m_2, e_2$ ). При  $w_p < v$  преломлённый луч проходит вдоль границы раздела «сердцевина – оболочка» и не излучается в окружающее пространство.

При  $w_p > v$  энергия, поступившая в сердечник, полностью отражается и распространяется по световоду. Чем больше угол падения волны,  $w_p > v$  в пределах от  $v$  до 90 градусов, тем лучше условия распространения и тем быстрее волна придёт к приёмному концу. В этом случае вся энергия концентрируется в сердечнике световода и практически не излучается в окружающую среду. При падении луча под углом, меньшим угла полного отражения,  $w_p < v$ , энергия проникает в оболочку, излучается во внешнее пространство и передача по световоду неэффективна.

Определяет, как полное внутреннее отражение света в состоянии поставлять входной конец волокна. Световод пропускает свет только, содержащийся внутри телесного угла, значение которого связано с углом полного внутреннего отражения. Этот телесный угол и характеризуется числовой апертурой:

$$NA = \sin a = (n_1^2 - n_2^2)^{1/2} = (1.4681^2 - 1.4623^2)^{1/2} = 0.13$$

Между углами полного внутреннего отражения и угла падения отверстия и отношениях. Чем больше угол, тем меньше апертура волокна. Должны предпринимать для того, чтобы угол падения на границе сердцевины - WP Shell был больше угла полного внутреннего отражения и был в диапазоне до 90 градусов и угол входного пучка на конце волокна регулировки ш от угла диафрагмы.

Найдем критический угол  $q_c$ , при котором еще выполняется условие полного внутреннего отражения:

$$Q_c = \sqrt{1 - \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2} = \sqrt{1 - \left(\frac{1.4623}{1.4681}\right)^2} = 0.09 \text{ рад} \approx 5.16^\circ \quad (3.15)$$

Зная показатели преломления оболочки  $n_2$  и сердцевины  $n_1$  рассчитаем относительную разность показателей преломления  $D$ :

$$\Delta = \frac{n_1 - n_2}{n_1} = \frac{1.4681 - 1.4623}{1.4681} = 0.00395 \approx 0.395\% \quad (3.16)$$

Рассчитаем SZ-структуру в ВОК:

Шаг поля полного оборота на 3600 называется шагом скрутки  $S$ .

Угол кручения между элементами и угла поперечного сечения называется кабелей. Расстояние между осью проволоки и крутить средний элемент называется радиусом  $R$ .

Для этих типов кабеля стояночного длины  $S = 170$  мм и радиус  $R = 4,3$  мм мель, то дополнительная длина будет равна  $Z$ :

$$Z = \left( \sqrt{1 + \left( \frac{2\pi R}{S} \right)^2} - 1 \right) \cdot 100\% = \left( \sqrt{1 + \left( \frac{2\pi \cdot 4.3}{170} \right)^2} - 1 \right) \cdot 100\% \approx 1.25\% \quad (3.17)$$

Поэтому на каждые сто метров длины кабеля свиваемые элементы длиннее на 1,25м.

Угол скрутки равен:

$$\alpha = \operatorname{arctg} \frac{S}{2\pi R} = \operatorname{arctg} \frac{170}{6.28 \cdot 4.3} \approx 80.97\% \quad (3.18)$$

Соответствующий радиус кривизны равен:

$$\rho = R \left( 1 + \left( \frac{S}{2\pi R} \right)^2 \right) = 4.3 \cdot \left( 1 + \left( \frac{170}{6.28 \cdot 4.3} \right)^2 \right) \approx 175 \text{ мм} \quad (3.19)$$

Наряду с необходимостью ограничения растягивающих и сжимающих изгиба волокна вены, так что в промежутках указанные диапазоны температур и растягивающая нагрузка в вое не вызывает вредные изменения в характеристиках передачи оптических волокон и риск повреждения. [8] Относительное изменение длины  $DL / L$  ВОК, то есть удлинение или сжатие приемлемым Эк шнур Этк:

$$E = -1 + \sqrt{1 + \frac{4\pi^2 R^2}{S^2} \left( 2 \frac{\Delta R}{R} \pm \frac{\Delta R^2}{R^2} \right)}, \quad (3.20)$$

где знак «+» для сжатия кабеля Етк;

знак «-» для удлинения кабеля Ек.

Итак, зная номинальный внутренний диаметр оболочки  $a_i = 2\text{мм}$ , 12 световодов со ступенчатым (дублированным профилем) показателя преломления имеют общий зазор:

$$DR = (2.0\text{мм} - 1,0\text{мм})/2 = 0,4\text{мм}$$

Тогда максимальное допустимое удлинение кабеля равно:

$$E_k = -1 + \sqrt{1 + \frac{4\pi^2 \cdot 4.3^2}{170^2} \left( 2 \frac{0.4}{4.3} - \frac{0.4^2}{4.3^2} \right)} \approx 0.001064 = 0.1064\% \quad (3.21)$$

Волна моды называется множество различной структуры. Многомодовый характер означает, что поле электромагнитной волны, распространяющейся через оптическое волокно образовано различные типы волн. Достаточно знать нормированной частоты  $V$  для примерно Вклад режиме волокон, поэтому, когда  $V = 2405$  - многомодового и в этом тезис проекта  $V = 2,3702$  (2,9), т. е. одиночный режим. В общем, число режимов на солнце определяется по формуле:

$$N = V^2(1+2/n)/2 \quad (3.22)$$

где  $n$ - показатель степени изменения профиля показателя преломления.

ОК характеризуются двумя важнейшими параметрами: затуханием и дисперсией.

Затухание определяет длину зоне регенерации (расстояние между регенераторов) и сами трассы оптические кабели из-за потерь в оптических волокнах ЦА и дополнительные потери из-за кабеля, потому что крутить и изгиб волокна покрытия при нанесении и защитные покрытия в производстве оптический кабель.

Потери Собственный Солнце состоит в основном из потерь и убытков поглощения дисперсии  $a_p$  ар. Механизм потерь, вытекающих из распространения электромагнитной мощности оптического волокна объясняется следующим образом: часть входной мощности к волокну, рассеиваемой в связи с изменением направления распространения лучей на неровности и его распада в окружающем пространстве (АР), а другой части мощности, потребляемой в посторонних веществ, как джоулева тепла ( $a_p + a_{p2}$ ) Потери на поглощение зависят от чистоты материала и при наличии посторонних примесей ( $a_p$ ) могут достигать значительной величины ( $a_p + a_{p2}$ )

Потери на рассеяние лимитируют предел минимально допустимых значений потерь в волоконных световодах. В результате  $a = a_p + a_r + a_{pr} + a_k$ .

Вместе с пропускной способностью ослабления ФР первичный воспроизведение. Это задает диапазон волновод опущен, и, следовательно, объем информации, который может быть передан через волоконно-оптический кабель. Теоретически, в оптическом волокне могут организовать большое количество каналов для передачи информации на большие расстояния. Тем не менее, существуют значительные ограничения в связи с тем, что сигнал на входе приемника искажено, самой длинной строки искажения. Это явление известно как разность дисперсии и распространение времени, вызванного различными режимами в волокне и наличие частотной зависимости показателя преломления.

Дисперсия - время дисперсию или спектральные компоненты режиме оптического сигнала. Дисперсия приводит к увеличению импульса во время его прохождения через ОК. Дисперсия не только ограничивает частотный диапазон использования световодов, но и снижает дальность передачи по ОК, так как чем длиннее линия, тем больше проявляется дисперсия и больше уширение импульса.

### 3.5 Расчет уровня чувствительности приемного оптоэлектронного модуля

Приводим выражение для определения уровня чувствительности  $P_{пор}$  цифрового ПРОМ, которое имеет следующий вид:

$$P_{пор} = 2g\Delta f Q \frac{M^X}{Si} \left[ 1 + \sqrt{(1 + \beta)} \right] \quad (3.23)$$

$$b = \frac{g * I_T + 2 * k * T * F_{ш} / R}{M^{2+X} * g^2 Q \Delta f} \quad (3.24)$$

Q – аргумент функции ошибок

$$\operatorname{erfc}(z) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_z^{\infty} \exp(-t^2) dt$$

g – заряд электрона, равный  $1,6 * 10^{-19}$  Кл;

$I_T$  – темновой ток фотодиода;

k – постоянная Больцмана, равная  $1,38 * 10^{-23}$  Вт/К\*Гц;

T – абсолютная температура, равная 300 К;

R – сопротивление нагрузки фотодиода;

M – коэффициент лавинного умножения;

Df – полоса пропускания фотоприемника;

Si – монохроматическая токовая чувствительность фотодиода.

Подставляем значения в формулу (2.6):

$$\begin{aligned} \beta &= \frac{(1,6 * 10^{-19} * 5 * 10^{-9} + 2 * 1,38 * 10^{-23} * 300 * 4 / 50482)}{30^{2+1} (1,6 * 10^{-19})^2 * 6,36 * 622 * 10^6} = \\ &= \frac{8 * 10^{-28} + 0,0656 * 10^{-23}}{30^3 * 2,56 * 10^{-38} * 3955,92 * 10^6} = \frac{6568 * 10^{-28}}{303814,65 * 10^{-29}} = \frac{65680}{303814,65} = 0,22 \end{aligned}$$

Полученное значение подставляем в формулу (3.5)

$$\begin{aligned} P_{\text{пор}} &= 2 * 1,6 * 10^{-19} * 622 * 10^6 * 6,36 * \frac{30}{0,5} \left[ 1 + \sqrt{(1 + 0,22)} \right] = \\ &= (253178,88 [1 + 1,105]) = 253178,88 * 10^{-13} * 2,105 = 1595026,944 * 10^{-13} \text{ Вт} \end{aligned}$$

Целесообразно порог чувствительности выразить в децибелах, помня, что уровень по мощности определяется относительно 1мВт, т.е.

$$\begin{aligned} P_{\text{пор}} &= 10 \lg(P_{\text{пор}} / 1\text{мВт}) = 10 \lg \frac{1595026,944 * 10^{-13}}{10^{-3}} = \\ &= 10 \lg 532941,5 * 10^{-10} = -38 \text{ дБ} \end{aligned}$$

Подключение рекомендуется выполнять под постоянным визуальным контролем, который осуществляется путем измерения распад ОВ с оптического кабеля тестера или рефлектометра. Чтобы обеспечить длину строительной оптический контроль постоянной ОК, свободный барабан, установленный на крайнем верхнем щеку (А) и нижней (В) кабеля, вырезать и подготовить их ручку сварки в оптических волокнах. Метод установки с помощью защитную пластиковую трубку, используемую в этом дипломный проект, и на дороге, есть многочисленные препятствия, которые близки друг к другу, трудно получить доступ, и есть твердые полы и районы с большим влиянием внешние электромагнитные поля (области больше *grozodeyatelnosti* ближе к линии электропередач, железных дорог. Прокладка ОК осуществляется комплексными механизированными специальными машинами и механизмами общестроительного назначения (тракторы, бульдозеры, экскаваторы и др.), а также для прокладки кабеля (кабелеукладчики, тяговые лебедки, пропорщики грунта и др.). В случае, если условия местности не позволяют использовать технику, прокладка производится с выноской вручную всей строительной длины кабеля, который укладывается вдоль траншеи, а затем опускается в нее. Длина Конструкция кабеля использован нами 6 км, это означает, что через 6000 м производить установку оптического кабеля в суставах, филиалов или распределения, используемого для защиты суставов. Применить УСАО пластиковый рукав типа 4-9. Основные части этого универсальных муфт: Корпус - из полипропилена сополимера, имеющего долгосрочную стабильность, системы уплотнения -, включающий основе коррозионную стойкость печать, которая имеет долгосрочный пластичность *selikora* элемент находится в структуре металла на механическое соединение оболочек кабеля и пластиковые рамы для установки кассет с длиной кабеля расчески подключения. Чтобы определить (найти) кабель маршрут в операции для предупреждения ленты конструкцию установлен на глубину половины возникновения кабеля.

Предупреждение лента есть 3 медных проводников opresovannyh полиэтиленовая лента поставляется в рулонах по 250 м. Строительные работы в районе существующих государственных услуг должны соответствовать требованиям организации. С особым вниманием до пересечения труб - работы лишь в заключительной состав коммуникаций и наличия Профайлы переходы. Кресты соломинки дорог с твердым покрытием, запускаемых под управлением координации организаций, действующих.

Также на пересечениях с железными и шоссейными дорогами, продуктопроводами и другими коммуникациями ОК затянут в полиэтиленовые или пластмассовые трубы, которые прокладываются закрытым (горизонтальным проколом (продавливанием), бурением) или открытым способом. На застроенных участках (городские условия) необходимо предусмотреть прокладку в телефонной канализации из асбестоцементных труб. Пересечения мелководных, спокойных или сухих русел рек выполнять одним створом в металлической трубе.

### **3.6. Заключение**

В этой главе мы рассчитали все нужные нам данные. Определили участок регенерации, рассчитали числа каналов связи, определили затухание кабеля, составили программу для вычисления длины регенерационного участка, рассчитали уровень чувствительности приемного оптоэлектронного модуля.

## 4 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

### 4.1. Анализ условий труда при прокладке кабеля

В процессе укладки слоя кабеля волоконно-оптического используется на основе любой модификации трактора. Трактор оснащен дополнительными структурами металлических необходимых для подключения катушки к оптическому кабелю. Вес катушки проволоки максимальная длина которых может быть намотана на барабан составляет около 4000 кг, что отражается в стабильности слоя корда.

Одним из относительно частых причин аварий в операции подъема, строительная техника колесный гусеница потеря устойчивости - наконечник. Выделите машины обычно возникает из-за ряда неблагоприятных эксплуатационных факторов: повышение, которая поднимается до неприемлемого тяжелой атлетике мерзлую землю структур, значительные динамические нагрузки из-за неисправности, высокой ветровой нагрузки, чрезмерное склоне, оседание и т.д.

Как ведущий индикатор автомобилей утвержденного коэффициента запаса устойчивости является отношение между временем удерживающих сил на краю времени опрокидывание опрокидывания сил:

$$M_{уд} / M_{опр} \geq K_y, (4.1)$$

где  $M_{уд}$  - момент удерживающих сил относительно ребра опрокидывания,  $M_{опр}$  - моменту опрокидывающих сил.

Этот показатель позволяет оценить устойчивость машины при проектировании, исследовать влияние на устойчивость различных эксплуатационных факторов и обосновать требования техники безопасности. При обеспечении устойчивости различные виды строительных машин имеют особенности, поэтому требования к коэффициенту запаса устойчивости и порядок нахождения его могут существенно отличаться. Для защиты

персонала, работающего на поражения электрическим током и электрической дуги, используя несколько защитных мер: изоляционные стержень (операционная, измерения, для наложения земли), и электроизоляционные плоскогубцы; уровень стресса, напряжения разработке; изолирующий средства для ремонта напряжение свыше 1000 В и ручные инструменты с изолированными ручками; изоляционные перчатки, ботинки, резиновые, изоляционные горы; портативный земля; временное ограждение; панели; очки, перчатки, маски, ремни безопасности для установки, защитный шлем. Порядок использования средств защиты, правил и условий механического и электрического испытательного оборудования, основанного на РТЕ. Все изолирующие защитные средства делятся на основные, позволяющие выдерживать рабочее напряжение электроустановки и прикасаться к ее токоведущим частям, и дополнительные, которые сами по себе не могут обеспечить защиту от поражения током и используются вместе с основными. Основное защитное оборудование в электроустановках до 1000 В утеплены перчатки, инструмент с изолированными ручками, напряженности. Дополнительные защитные меры в этих условиях являются: диэлектрические галоши, диэлектрические изоляционные резиновые и подставки. Главная защита оборудования в электрическом напряжении выше 1000 включает в себя изоляционный стержень, оперативно-измерительный; и электрическое напряжение изоляционные плоскогубцы; Резервы на ремонт и дополнительных – перчатки. обувь, резиновые и поддержка изоляции. Основными технологическими операциями при монтаже муфт являются: разогрев и заливка кабельных составов; работа с термитными патронами, спичками, паяльными лампами и газовыми горелками; приготовление и заливка эпоксидного компаунда. Соединения провод нагревается в специальных ведра с крышкой и носиком. Тепло в закрытом контейнере запрещено также расширения при нагревании, композиция может взорвать банк и сбежать. Контроль температуры нагревательного кабеля, так как

кипение сильно распыляется и могут воспламениться. Избегайте брызг свой беспокойный 'подогретого металлический шейкер. Подогрева, экстракт и транспортных узлов композиция должна расширить кирзовые перчатки и защитные очки. При отправке теплый ведро структуру ведро должно быть подавлено. Работы на объекте необходимо иметь пожаротушения и оказания первой помощи при ожогах. Эпоксидные смолы имеют высокую токсичность. Жидкие и не полностью вылечить эпоксидные соединения, и пары и пары раздражают кожу без отвердителей защиты, глаз и верхних дыхательных путей. Таким образом, при работе с эпоксидными смолами и отвердителями требуется точность и соблюдения установленных стандартов. Открытые банки соединения, помешивая соединение заполненный, открыть бутылку отвердителя, залить и удалить должен содержать на холсте. Прилипший к коже компаунд удаляют мягкими бумажными салфетками, а затем обрабатывают кожу охлажденным до комнатной температуры 3 % раствором уксусной или лимонной кислоты или горячей водой с мылом. При сильном загрязнении рук для их очистки используют ацетон. Применять для этой цели бензол, толуол, четыреххлористый углерод или другие токсичные растворители запрещается.

В помещениях, где производят работы с эпоксидным компаундом, запрещается хранить и принимать пищу, а также курить. Эти помещения во время работы хорошо проветривают. Работа с паяльными лампами. Этот вид работ относится к категории пожароопасных. Рабочее место при работе с лампой очищают от горючих материалов, а находящиеся на расстоянии менее 5 м сгораемые конструкции надежно защищают металлическими экранами или поливают водой. Перед каждым разжиганием лампы проверяют ее исправность. Она должна быть герметична и не иметь течи. Нельзя заливать бензин в лампу, которая работает на керосине, это может привести к взрыву во время работы. Чтобы из лампы при нагревании не вытекало горючее, ее резервуар заполняют не более чем на 2/3 объема.

Вблизи открытого огня не разрешается наливать в лампу горючее, выливать его, отвертывать пробку или разбирать лампу, так как случайная искра может вызвать взрыв резервуара или воспламенение горючего. Чтобы разжечь лампу, необходимо разогреть ее горелку, при этом нельзя подавать горючее через горелку. После разжигания горелки лампу умеренно накачивают, а затем гасят, перекрывая доступ горючего к горелке. Давление из резервуара лампы спускают через сливную пробку при погашенной лампе после полного остывания горелки.

#### **4.2 Анализ условий труда при эксплуатации линии связи**

Ремонт кабеля осуществляется вдоль по меньшей мере два судьи, один из которых составляет не менее рейтинговой группы III. Линия шнур перед ремонтом отключен от обеих сторон. Тогда в конце проверки кабельную линию напряжение не вносятся в почву и повесить предупреждающие знаки. Так как место ремонтных работ, как правило, далеко от заземленной конце кабельной линии, среди ряда основных траншеи кабелей под напряжением, не может точно определить соединение для провода ремонта. Кроме того, с помощью тензодатчика не могут быть отделены от кабельных низковольтных кабелей отключенных. Это объясняется тем, что электромагнитное поле кабеля низкого напряжения, экранированный металлический корпус ", поэтому он не может повлиять на указатель натяжного троса поврежденный найти специальное устройство -. Locator кабель или маркировки. Ссылки резки проводов вскрытие. Найти поврежденный участок кабеля и сцепление, убедитесь, что нет никакой напряженности в них. Мы считаем, что бренд может содержать ошибки и неправильные показания кабель локатор. Поэтому, прежде чем отрезать кабель или открытия трос привода сцепления необходимо просверлить специальное устройство, состоящее из изолирующего кончика удилица и стальных игл или резки, и убедитесь, что

нет напряжения на нем. Перед сверлением кусок молотого из специального металлического устройства, подключенного к гибким кабелем в земле или определенное время. Кабель Прокалывание происходит признав ответственного администратора или производитель работу под его руководством. Вы соблюдайте следующие меры предосторожности: Экран кабеля закрыты, защитные перчатки и защитные очки и стоя на вершине траншеи изолирующей подложке, насколько это возможно, что кабель можно просверлить. Только после того, буровая бригада разрешено начать сокращать кабель или открытие рукав. Кабельные структуры устройства для прокалывания должны быть пульт дистанционного управления. Ремонт и концевые Концевые муфты. Перед ремонтом кабеля отключены от обеих сторон и стер в стороне, на которой работы не являются. Если несколько кабели подключены параллельно общего собрания, Ремонт грозотроса (с противоположного конца втулки и прекращения) и Генеральной Ассамблеи, которая также отключен от всех источников питания. Перемещение кабелей и муфт. Кабели и муфты, как правило, перемещают после отключения кабельной линии и разрядки жил от остаточного заряда. Остаточный заряд стекает в землю от прикосновения к каждой жиле кабеля заземленной штангой. В необходимых случаях допускается перемещать кабель, находящийся под напряжением, при соблюдении дополнительных мер безопасности. Электромонтеры, имеющие опыт по прокладке кабелей, производят работу по наряду. Перекладывать и перемещать находящийся под напряжением кабель, температура которого ниже 5 °С, не разрешается из-за повышенной хрупкости его изоляции. Если движущаяся часть кабеля являются муфты, укрепить их ранее на досках, чтобы он не двигаться, и что кабель не сгибается вокруг и муфты не затянуты. Работа в диэлектрических перчатках перчатки для защиты от механических повреждений Дона холст перчатки, которые должны быть короче диэлектрических перчаток. Работа в шахтах и туннелях. Уэллс и туннели могут накапливаться горючие или

токсичные газы, поэтому охват открытых скважин осторожны, чтобы не получить искры инструмента удары. Не используйте лом и молоток бы открыть второй хорошие инструменты презентации (внутренние). Прежде, чем идти вниз в боксы и тоннелей, испытания портативного анализатора, если газ. Используется для проверки, если газовый камин запрещено, так как это может привести к взрыву. Для удаления вредных газов в колодцах перед вентилятор или компрессор насосы свежим воздухом. При работе в туннеле или люк открыть обе двери. При длительных колодцев, тоннелей и коллекторов, работающих перерыв и пойти на свежий воздух. В канализацию и тоннелей соблюдать крайнюю осторожность при работе с газовыми горелками, паяльные лампы и мангалами. Факелы зажгли, и состав сварного шва и тепло-сайте внешних кабелей. Состав горячей расплавленным припоем и передаются в скважину в специальном герметичном контейнере, присваиваемое металлической проволочной крючка. При работе в боксах, тоннелях и плотин, используемых в качестве портативных аккумуляторных фонарей лампы и лампы напряжение питания 12 В. защите Прежде чем найти место повреждения кабеля ожоговых боксах, тоннели и коллекторы получилось. После записи кабель для предотвращения пожаров, туннели и водопропускных труб проверены тщательно. Осмотр кабелей в шахтах и туннелях и рабочих кабелей вместе, чтобы произвести не менее двух электриков, один из которых имеет отборочной группе III. Последний может работать в колодце самостоятельно при условии, что второй электромонтер дежурит у открытого люка. Если в колодце может быть газ, электромонтер обязан пользоваться шланговым противогазом. После завершения ремонта или монтажных работ иногда испытывают кабель питания в существующих объектов. Команда из двух человек (один - производитель работ - должны быть не классы ниже в группе I, а второй - не менее III) производит тест. В испытаниях кабеля, если противоположный конец в закрытую камеру, мобильный RU или в помещении, двери или забор сообщению баннер: "High

Под стрессом". Если бы двери этих камер, и клетки не заперты средства испытанные или отремонтированы кабель убиты на дороге заканчивается у двери или на концах кабеля облучения людей в охране у бассейна. Выпрямители включает установку после всех в тестовом ноте.

После каждого испытания жильный кабель заземлен через установку выпрямителя для выпуска заряд, накопленный в почве.

#### **4.3. Обеспечение безопасности от поражения электрическим током**

Содержимое превышения оснащения помещений в хорошем состоянии и в соответствии с правилами власти предоставляемых услуг, ремонта и ревизии. Переступить оснащения помещений в соответствии с правилами и условиями электробезопасности при проведении регламентных работ и ремонта текущих персонала запасные должны выполнять следующие операции: очистка оборудования от пыли, контролирует схемы перегорел предохранитель сигнального контакта или чеки, замене предохранителей и т.д. и т.д.

Частота капитала и ремонта и простоя в этих видов ремонта наверняка, установленных в соответствии с Правилами и нормами электротехнической промышленности.

Как известно существует основное и резервное электроснабжение. В качестве резервных источников энергоснабжения могут быть либо аккумуляторные батареи, либо возможно наличие собственной электростанции с двигателем внутреннего сгорания, вырабатывающей переменный ток частотой 50 Гц. Как правило, для питания аппаратуры предприятий связи от внешних источников используется трехфазный переменный ток напряжением 380/220 В.

Поражения человека электрическим током может быть вызвано касаясь токоведущих частей и куски от мертвых необоснованным, пойманных в прямом эфире в расследовании аварий в изоляции. Это опасно для жизни

человека, а в течение 1-2 секунд касаясь сердца фибрилляция может произойти. В результате, поток крови останавливается в теле недостатка кислорода происходит, что приводит к прекращению дыхания, т.е. наступает смерть.

Есть два типа защитного заземления: услуги и очертания. Когда вы находитесь в конце, расположенном на земле на некотором расстоянии от берега группа. Для первого цикла, расположенных по окружности вокруг Земли команды заземлен на небольшом расстоянии друг от друга. Распространение области на первом этаже, и любой точки в пределах контура поверхности земли имеет значительный потенциал.

Для заземляющих устройств, используемых для заземления сети 380/220 В потенциал не должен превышать 125 вторичное напряжение

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Существующие телекоммуникационные сети железнодорожного транспорта требуют модернизации. Цифровые системы передачи данных по многим параметрам показали свою эффективность по отношению аналоговых систем передачи данных. Аналоговые системы передачи данных, прежде всего, это низкая, по сегодняшним меркам, скорость соединения, которая к тому же серьезно зависит от наличия преград и от расстояния между приёмником и передатчиком. Поэтому построение сети передачи данных на основе ВОЛС на железнодорожном транспорте является актуальной задачей.

Такое внимание к ВОСП вызвано следующими их основными качествами: широкополосностью и высокой пропускной способностью; малым затуханием в широком диапазоне частот; высокой защищенностью от внешних электромагнитных помех; малогабаритностью и легкостью (масса оптических кабелей в 10...12 раз меньше, чем электрических); пригодностью прокладки по реальным трассам.

В ходе выполнения данной работы были рассмотрены основные компоненты телекоммуникационной сети, принципы передачи сигнала по связи, рассмотрены и проанализированы основные параметры волоконно-оптических линий связи. Рассмотрены характеристики источников и приемников волоконно-оптических систем передачи. Подробно изучены типы конструкций и особенности построения оптических соединителей.

Особое внимание уделено организации первичной цифровой сети связи. На выпускной работе рассмотрены модернизация существующих телекоммуникационных сетей железнодорожного транспорта Узбекистана.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Левин Л. С, Плоткии М.А.* Цифровые системы передачи информации. — М.: Радио и связь, 1982.
2. *Голубев А.И., Иванов Ю.П., Левин Л. С. и др.* Аппаратура ИКМ-30 / Под ред. Ю.П. Иванова и Л.С. Левина. — М.: Радио и связь, 1983.
3. *Голубев А.Н., Иванов Ю.П., Левин Л. С. и др.* Аппаратура ИКМ-120 / Под ред. Л.С. Левина. — М.: Радио и связь, 1989.
4. *Шмытинский В.В., Котов В.К., Здоровцов И.А.* Цифровые системы передачи информации на железнодорожном транспорте / Под ред. В.В. Шмытинского. — М.: Транспорт, 1995.
5. *Горелов Г.В., Кудряшов В.А., Шмытинский В.В. и др.* Телекоммуникационные технологии на железнодорожном транспорте! С Учебник для вузов ж.-д. транспорта / Под ред. Г.В. Горелова. М.: УМК МПС России, 1999.
6. *Слепое Н.Н.* Синхронные цифровые сети SDH. — М.: Эко-Тренз, 1997.
7. *Убайдулаев Р.Р.* Волоконно-оптические сети. — М.:Эко-Трспз, 1998.
8. *И.Давыдкин П.Н., Колтунов М.Н., Рыжков А.В.* Тактовая сетевая синхронизация / Под ред. М.Н. Колтунова. — М.: Эко-Тренз, 2004.
9. *Виноградов В.В., Котов В.К., Нуприк В.Н.* Волоконно-оптические линии связи: Учебное пособие для техникумов железнодорожного транспорта. — М., 2002.
10. *Ракк М.А.* Измерения в цифровых системах передачи. — М.: Маршрут, 2004.
11. *Деписьева О.М., Мирошников Д. Г.* Средства связи для «последней мили» / 2-е изд.: — М.: Эко-Тренз, 1999.
12. *Кудряшов В. А., Сема пота Н.Ф.* Передача дискретной информации на железнодорожном транспорте. — М.: Вариант, 1999.