

АО «УЗБЕКИСТОН ТЕМИР ЙУЛЛАРИ»

ТАШКЕНТСКИЙ ИНСТИТУТ ИНЖЕНЕРОВ
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

*На правах
рукописи УДК 621.396*

АХМЕДОВ РУСТАМ ГАЙРАТОВИЧ

**ОПТИМИЗАЦИЯ ОПТИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ И УСТРОЙСТВ
НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ**

5A350102 - Устройства и системы передачи информации

Диссертация

написанная для получения академической степени магистра

Научный руководитель:

К.Т.Н., доц.

Колесников И.К.

Ташкент-2018 г.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1. ЗАДАЧИ И МЕТОДЫ ОПТИМАЛЬНОГО РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ УСТРОЙСТВ ВОЛС.....	6
1.1. Формулировка задачи оптимального расчета.....	6
1.2. Алгоритм расчета (оптимизации).....	9
1.3. Методы оптимизации элементов и устройств.....	10
Выводы к первой главе.....	12
2. МЕТОДЫ ОПТИМИЗАЦИИ ЭЛЕМЕНТОВ ВОЛС.....	13
2.1. Методы оптимизации пассивных элементов ВОЛС.....	13
2.2. Методы оптимизации активных элементов.....	20
2.3. Методы оптимизации мультиплексоров.....	26
Выводы к второй главе.....	31
3. МОДЕРНИЗАЦИЯ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИХ ЛИНИЙ СВЯЗИ.....	32
3.1. Применение оптимизированных активных элементов на участке железнодорожного транспорта Бухара – Мискен.....	40
3.2. Применение оптимизированных пассивных элементов на участке Бухара – Мискен.....	49
3.3. Применение оптимизированных мультиплексоров в диспетчерских кругах.....	50
Выводы к третьей главе.....	59
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	60
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	61
ПРИЛОЖЕНИЕ.....	63

ВВЕДЕНИЕ

Принятые в последнее время основные меры в реализации «Стратегии развития Узбекистана в 2017-2021г» направлены на дальнейшую автоматизацию бизнес-процессов во всех сферах экономики республики, повышение производительности специалистов, сокращение издержек производственной деятельности, обеспечение безопасности движения поездов, повышение качества оказываемых услуг, а также внедрение рыночных механизмов в перевозочный процесс.

Актуальность темы. Развитие информационно-коммуникационных технологий в структурных подразделениях и предприятиях АО «Узбекистон темир йуллари» проводится в соответствии с Постановлениями Президента и Кабинета Министров Республики.

В связи с этим наибольшее значение приобретают задачи и методы оптимального расчета параметров устройств ВОЛС. Волоконно-оптических технологии, стремительное развитие которых привело к созданию системы связи все чаще используется и в других областях электронной техники.

Актуальность темы магистерской диссертации состоит в оптимизации оптических элементов и устройств, как пассивных, так и активных с целью возможности использования сетей для всех видов доступа в Internet, ТФОП, выделенный канал, радиорелейный и спутниковой связи.

Цель задачи и степень разработанности проблемы. Целью работы является исследования и разработка методов оптимизации для модернизации новой железнодорожной ветки железной дороги Бухара-Мискен, протяженностью 355 километров.

Для достижения поставленной цели потребовалось решить следующее заачи:

- разработка алгоритма расчета оптимизации;
- разработка триады модель –алгоритм- программа;

- проведение анализа методов оптимизации и устройств ;
- анализ методов оптимизации активных, пассивных элементов ВОЛС;
- выбор оборудования оптимизированных активных и пассивных элементов на участке железнодорожного транспорта Бухара-Мискен;
- разработка диспетчерских кругов на основе оптимизированных мультиплексоров.

Научная новизна. Новыми результатами работы являются: разработка методов оптимизации активных и пассивных элементов ВОЛС; разработка алгоритма расчета оптимизированных элементов.

Практическая значимость. Полученное в работе результата позволит модернизировать новую железнодорожную ветку Бухара-Мискен на основе оптимизированных активных и пассивных элементов ВОЛС. Предполагаемая структура позволяет улучшить работу железнодорожного транспорта за счет внедрения новых технологии и услуг в области телекоммуникации.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения, списка используемых источников и приложения. Она содержит из страниц текста сквозной нумерации печатного текста, в том числе иллюстрируется рисунками, дополняется сводными таблицами, а также списком литературы из номерований и одно приложение.

Вклад автора в исследование проблемы. Все основное результата, изложенное в работе, получены автором самостоятельно. Обслуживание постановки задачи и внедрение результатов выполнялось совместно с авторами, фамилии которых указанное в списке опубликованных работ.

Публикация и апробация работы. Основные положения магистерской диссертации докладывались и получим одобрения на научно-практических конференциях студентов магистратуры и бакалавриата ТашиИТ «Молодой научный исследователь», 3-4 апреля 2018 года, а также в конференции «Критические проблемы научно-педагогических работ» 27 ноября 2017 года .ТАДИ 18-19 мая 2018 года. Национального Университета имени Мирзо-Улугбека, март 2018 года. По результатам исследований

опубликовано четыре печатные работы.

1. ЗАДАЧИ И МЕТОДЫ ОПТИМАЛЬНОГО РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ УСТРОЙСТВ ВОЛС

1.1. Формулировка задачи оптимального расчета

Понятие оптимальности, как и понятие процесса оптимизации, - центральный момент не только в экономике, инженерном деле, менеджменте и бизнесе, оно также используется и во многих социальных и биологических науках. Термин «оптимальный» чаще всего трактуют как благоприятный, максимальный (минимальный), наиболее эффективный и др. Каждый человек ежедневно, не всегда осознавая это, решает проблему: как получить наибольший эффект, обладая ограниченными ресурсами.

Математическое программирование – раздел математики, посвященный теории и методам решения задач поиска экстремумов функций на множестве ограничений. Оно объединяет различные математические методы и дисциплины исследования операций: линейное программирование, нелинейное программирование, динамическое программирование, выпуклое программирование, геометрическое программирование, целочисленное программирование и др.

Здесь термин "программирование" обязано отчасти историческому недоразумению, отчасти неточному переводу с английского. В английском языке слово «programming» означает планирование, составление планов или программ. Вполне естественно, что терминология отражает тесную связь, существующую между математической постановкой задачи и её экономической интерпретацией. Поэтому наименование «Математическое программирование» связано с тем, что целью решения задач является выбор оптимальной программы действий.

В самом общем случае, решить оптимизационную задачу это значит найти наилучшее решение среди возможных вариантов решения.

Если оптимизация связана с расчетом оптимальных значений параметров при заданной структуре объекта, то она называется параметрической. Задача выбора оптимальной структуры является структурной оптимизацией.

Решение любой оптимизационной задачи основано на построении математической модели исследуемого объекта и проведении вычислительного эксперимента. Проведение вычислительного (компьютерного) эксперимента не с самим объектом, а с его моделью дает возможность эффективно исследовать его свойства в любых ситуациях.

Основу вычислительного эксперимента составляет триада «модель-алгоритм-программа». Схема вычислительного эксперимента приведена на рисунке 1.1.

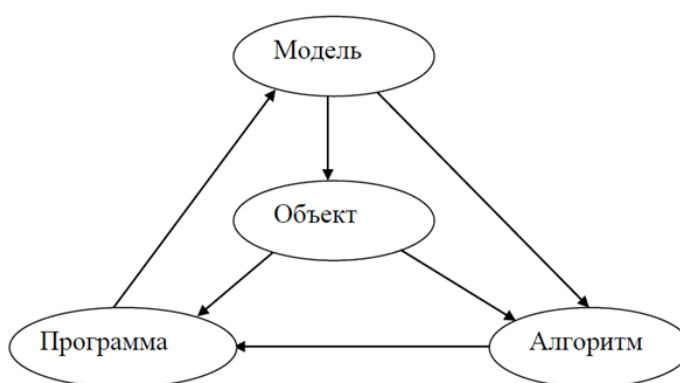


Рис. 1.1. Схема вычислительного эксперимента

На первом этапе эксперимента строится некий эквивалент объекта, его модель, отражающий в математической форме важнейшие свойства объекта. Второй этап - разработка алгоритма для реализации модели на компьютере. Модель представляется в форме, удобной для применения численных методов, определяется последовательность вычислительных и логических операций, которые нужно произвести, чтобы найти искомые величины с заданной точностью. На третьем этапе создаются программы, реализующие алгоритмы на доступном компьютеру языке.

Нахождение оптимальных значений параметров – это один из этапов вычислительного эксперимента, позволяющий выработать управляющее воздействие на объект исследования.

Теория оптимизации – представляет собой совокупность фундаментальных математических результатов и численных методов, позволяющих избежать полного перебора всех решений.

Методы оптимизации – это методы построения алгоритмов нахождения оптимального (минимального или максимального) значения некоторой функции.

Решение оптимизационных задач (процесс оптимизации) лежит в основе всей инженерной деятельности.

Эффективность метода оптимизации связана с одной стороны с умелым использованием основных результатов таких математических дисциплин, как:

- математический анализ;
- линейная алгебра;
- математическая логика и теория алгоритмов;
- функциональный анализ;
- дифференциальное исчисление.

С другой стороны, в инженерной практике размер оптимизационных задач достаточно велик, следовательно, велики и затраты времени реализации алгоритмов. Поэтому оптимизационные задачи ориентированы в основном на реализацию на ЭВМ.

Ценность теории оптимизации состоит в её универсальности по отношению к различным классам задач.

Оптимизационная задача может быть частью задачи решаемой в:

математической экономике: решение больших макроэкономических моделей, моделей предпринимательства и т.д.;

в автоматике: оптимальное управление, робототехника, фильтрация, управление производством;

в технике: оптимальное планирование информационных и компьютерных сетей, оптимизация структур и параметров технических систем;

в численном анализе: аппроксимация, регрессия, решение линейных и нелинейных систем управления и т.д.

1.2. Алгоритм расчета (оптимизации)

Прежде чем приступить к решению конкретной задачи оптимизации следует выполнить переход от содержательной постановки задачи к формализованной. Следующий этап решения – выбор метода оптимизации. Для целенаправленного выбора алгоритма необходимо сопоставить алгоритмы и методы оптимизации по определенной группе характеристик.

Поэтому весьма важен выбор определенных сравнительных характеристик алгоритмов среди большого количества возможных.

Основными характеристиками численных алгоритмов являются:

- трудоёмкость вычислений;
- сходимость алгоритма;
- устойчивость метода к погрешностям в вычислениях;
- чувствительность метода к параметрам алгоритма;
- эффективность алгоритма.

Большинство методов оптимизации носит итерационный характер. Итерационные методы имеют ряд особенностей. Выделим основные.

1. Вычисления осуществляются по одной и той же итерационной (повторяющейся) формуле $x_{n+1} = \phi(x_n)$. Т.е. каждое последующее приближение к оптимуму определяется через предыдущее.

2. Для начала итерационного процесса необходимо задание начального приближения x_0 .

3. Итерационный процесс бесконечен $\{x_0, x_1, \dots, x_n\}$. Для его останова

необходима точность вычисления решения ε и правило (формула) останова.

4. Важнейшая характеристика итерационного процесса количество итераций (шагов) n получения решения с заданной точностью. Чем шагов меньше, тем быстрее может быть получен результат и тем привлекательнее метод.

Именно эти особенности итерационных методов определяют перечисленные выше характеристики алгоритмов оптимизации.

1.3. Методы оптимизации элементов и устройств

Однопараметрическая оптимизация (поиск экстремумов функций одной переменной) - наиболее простой тип оптимизационных задач. Эти задачи могут быть как самостоятельными, так и частью более сложных задач поиска экстремума функции многих переменных.

Напомним постановку задачи одномерной безусловной оптимизации:

$$f(x) \rightarrow \min, x \in R^1.$$

Ограничения отсутствуют, $K=J=0$, $D=R^1$. Т.е. задача без ограничений с одномерным вектором. Вид $f(x)$ произвольный.

Методы одномерной оптимизации могут быть разделены на три группы.

1. Методы исключения интервалов (сокращение интервала не определенности).

2. Методы точечного оценивания на основе полиномиальной аппроксимации.

Методы исключения интервалов - эта группа методов может использоваться как для непрерывных, так и для разрывных и дискретных функций, рисунок 1.2.

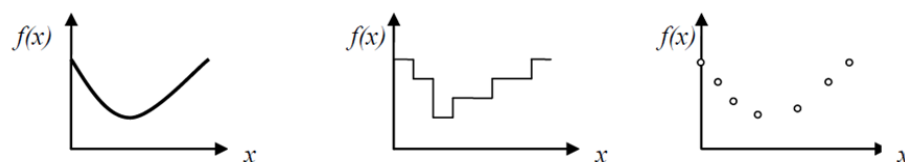


Рис. 1.2. Типы данных

Методы исключения интервала предъявляют к оптимизируемой функции единственное требование унимодальности. Кроме того необходимо иметь возможность определения значений $f(x)$.

Основная идея интервальных методов основана на теореме исключения интервалов, графическая интерпретация которой приведена на рисунке 1.3.

Пусть функция $f(x)$ унимодальная функция, определенная на $[a, b]$ и x^* - минимум этой функции. Тогда для $\forall x_1 < x_2 \in [a, b]$ выполняется одно из условий:

- а) если $f(x_1) > f(x_2) \rightarrow x^* \in (x_1, b)$;
- б) если $f(x_1) < f(x_2) \rightarrow x^* \in (a, x_2)$;
- в) если $f(x_1) = f(x_2) \rightarrow x^* \in (x_1, x_2)$.

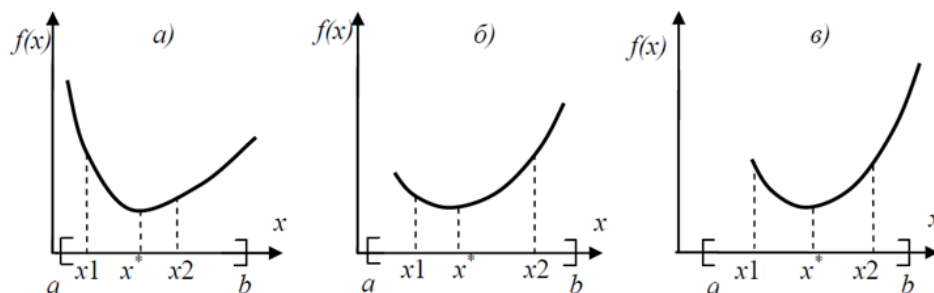


Рис. 1.3. Геометрическая иллюстрация теоремы интервалов

При рассмотрении методов исключения интервалов к оптимизируемой функции предъявлялось лишь одно требование – унимодальность. Если увеличить количество требований, то можно построить более эффективные алгоритмы поиска.

Потребуем от целевой функции выполнения свойств унимодальности и непрерывности на интервале определения $[a, b]$.

Основная идея этой группы методов связана с возможностью аппроксимации гладкой функции полиномом. Затем полученный полином, как легко дифференцируемая функция, используется для оценки экстремума. Метод базируется на теореме Вейерштрасса. Любая непрерывная на интервале функция может быть аппроксимирована на нем полиномом с любой степенью точности $[a, b]$.

Точность аппроксимации достигается либо увеличением степени полинома, либо уменьшением интервала аппроксимации. На практике редко используют полином выше 3-й степени, а вот уменьшение интервала – конструктивный путь.

Выводы к первой главе

1. Основа любой оптимизированной задачей является математическая модель исследуемого объекта.
2. Основой вычислительного эксперимента является триада «модель – алгоритм - программа».
3. Эффективность метода оптимизации зависит от математического анализа, линейной алгебры, логики и функционального анализа.
4. К методам оптимизации относятся: метод исключения интервалов, метод точечной оценки.

2. МЕТОДЫ ОПТИМИЗАЦИИ ЭЛЕМЕНТОВ ВОЛС

2.1. Методы оптимизации пассивных элементов ВОЛС

Пассивные элементы - они включают в себя оптические соединители, розетки, шнуры, распределительные панели, кроссовые шкафы, соединительные муфты, оптические разветвители, аттенюаторы, системы спектрального уплотнения и т.д. то есть все, что необходимо для обеспечения передачи оптического сигнала по волоконно-оптическому кабелю от передатчика к приемнику.

По мере роста сложности и увеличения протяженности волоконно-оптической кабельной системы роль пассивных компонентов возрастает. Практически все системы волоконно-оптической связи, реализуемые для магистральных информационных сетей, локальных вычислительных сетей, а также для сетей кабельного телевидения, охватывают сразу все многообразие пассивных волоконно-оптических компонентов.

Самой важной проблемой передачи информации по ВОЛС является обеспечение надежного соединения оптических волокон. Оптический соединитель – это устройство, предназначенное для соединения различных компонентов волоконно-оптического линейного тракта в местах ввода и вывода излучения. Такими местами являются: оптические соединения оптоэлектронных модулей (приемников и передатчиков) с волокном кабеля, соединения отрезков оптических кабелей между собой, а также другими компонентами. Различают неразъемные и разъемные соединители. Неразъемные соединители используются в местах постоянного монтажа кабельных систем. Основным методом монтажа, обеспечивающим неразъемное соединение, является сварка. Разъемные соединители (коннекторы) допускают многократные соединения/разъединения. Промежуточное положение занимают соединения типа механического сплайса.

Механический сплайс – это простое в использовании устройство для

быстрой стыковки обнаженных волокон с покрытием с диаметром 250 мкм-1 мм посредством специальных механических зажимов. Используется как для одноразового, так и для многократного использования. По надежности и по вносимым потерям механический сплайс уступает сварному соединению.

По конструкции соединения бывают симметричными и несимметричными. Упрощенные схемы соединителей показаны на рис.6. При несимметричной конструкции для организации соединения требуется два элемента: соединитель гнездовой и соединитель штекерный, рис. 2.1. а. Оптическое волокно в капиллярной трубке коннектора-штекера не доходит до торца капилляра, а остается в глубине. Напротив, волокно в гнездовом соединителе выступает наружу. При организации соединения физический контакт волокон происходит внутри наконечника-капилляра, который обеспечивает соосность волокон. Открытое волокно, и капиллярная полость у этих соединителей являются основными недостатками, снижающими надежность несимметричной конструкции. Особенно недостатки сказываются при большом количестве переподключений. Поэтому такой тип конструкции получил меньшее распространение.

При симметричной конструкции для организации соединения требуется три элемента: два соединителя и переходная розетка (coupling) (рис. 2.1. б). Главным элементом соединителя является наконечник (ferrule). Переходная розетка служит центрирующим элементом, выполненным в виде трубки с продольным разрезом – должен быть обеспечен контакт между наконечником и центрирующим элементом розетки (рис. 2.1.в). Центрирующий элемент плотно охватывает наконечники и обеспечивает их строгую соосность.

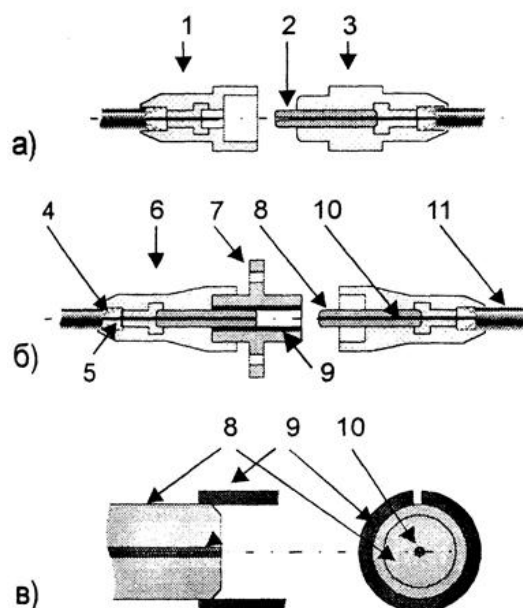


Рис. 2.1. Конструкции соединителей: а) несимметричная; б) симметричная; в) наконечник и центратор розетки симметричного соединителя. Обозначения: 1 - соединитель гнездовой; 2 - наконечник-капилляр; 3 - соединитель штекерный; 4 - кевларовые нити; 5 - эпоксидный наполнитель; 6 - соединитель; 7 - переходная соединительная розетка (адаптер); 8 - оптический наконечник; 9 - центрирующий элемент розетки; 10 -оптическое волокно; 11 – миникабель

Внешний диаметр наконечника равен 2,5 мм. Наиболее жесткие требования предъявляются к параметрам отверстия (капилляра) наконечника. Оно должно быть достаточно большим, чтобы волокно могло войти в него, и при этом достаточно малым, чтобы люфт волокна был незначительным. Диаметр отверстия в соответствии со стандартом равен $126 +1/-0$ мкм для одномодового волокна и $127 +1/-0$ мкм для многомодового волокна. Наконечник, как самый прецизионный элемент соединителя, является самым дорогим. Наконечники бывают металлические (на основе нержавеющей стали), керамические (на основе циркония или оксида алюминия) и пластиковые наконечники. Предпочтительными являются наконечники керамические. Пластиковые наконечники высокого качества снижают стоимость соединителя.

К соединителям предъявляют следующие требования:

- малые вносимые потери;
- малое обратное отражение;
- устойчивость к внешним механическим, климатическим воздействиям;
- высокая надежность и простота конструкции;
- незначительное ухудшение характеристик после многочисленных повторных соединений.

Известно, что основными элементами ВОЛС являются волоконно-оптический кабель (ВОК), оптический излучатель, оптический приемник и оптический соединитель (ОС).

Практика показала, что параметры этих элементов взаимосвязаны и зависят друг от друга. Особо сильная зависимость параметров от параметров других элементов наблюдается у ОС. Например, достаточно сложно получить ОС с малыми потерями, если оптическое волокно (ВО) имеет большой разброс величины внешнего диаметра, диаметра сердцевины или разброс величины эксцентриситета сердцевины ОВ относительно диаметра оболочки ОВ, а также наличие самой величины эксцентриситета. Кстати заметим, что в настоящее время по большому счету отечественного ОВ, отвечающего современным требованиям ВОЛС, нет. Причина специалистам известна. Однако можно надеяться на реанимацию отечественного производства ОВ. В этом направлении делаются попытки ВНИИКТ совместно с заинтересованными ведомствами и предприятиями, которые еще в какой-то мере сохранили научно-технический потенциал технологии изготовления ОВ.

С непрерывным ростом требований к ВОЛС растут требования к ОС. Например, постоянное совершенствование ВОК снижает планку величины оптических потерь в ОС. Величиной потерь, равной 0,2, дБ уже никого не удивишь.

Основными лидерами в области производства волоконно-оптических

элементов, в том числе кабелей и соединителей, как и прежде, являются известные фирмы Японии, США, Франции, Германии и др.

После промышленного спада практически все фирмы и предприятия, занимающиеся монтажом и прокладкой ВОЛС, работают с использованием импортных компонентов и материалов. В стране наблюдается огромный разрыв между производством компонентов ВОЛС и постоянно растущим вводом в эксплуатацию последних. Картина такова, что волоконно-оптический кабель отечественный, а волокно в нем импортное, оптический соединитель отечественный, а наконечник и центратор импортные. Перечень таких примеров можно продолжить. Рынок волоконно-оптической техники обеспечивается в основном совместными предприятиями. Картина технологической зависимости в области волоконно-оптической техники от Запада очевидна. Отсюда напрашивается вывод, что необходима жесткая концентрация государственных средств и сил на минимальном количестве предприятий, сохранивших научно-технический потенциал. Учитывая фундаментальность, наукоемкость и значимость волоконно-оптической техники, для ее реализации необходима государственная поддержка.

Следует заметить, что оптический соединитель по массовости применения и разнообразию конструкций постепенно приближается к электрическому разъему. На рисунке 7 представлена классификация ОС с точки зрения структурного участия ОС в ВОЛС. Однако требования, предъявляемые к соединителям, определяются условиями эксплуатации ВОЛС.

Ведутся разработки ОС с повышенными эксплуатационными свойствами, с сохранением требований международных стандартов по оптическим потерям и присоединительным размерам. Основными направлениями таких разработок являются:

первое - обеспечение полной (поперечной и продольной) герметизации места заделки ВОК в ОС и стыка 0В при пониженных и повышенных температурах окружающей среды; второе - обеспечение устойчивости к

механическим воздействиям (вибрациям и ударам до 1500 д), при этом величина переменной составляющей информационного сигнала не должна превышать 10% от номинальной величины. Обратим внимание, что в данном случае использование разрезных центраторов проблематично. Нами сохранена отечественная технология производства ОС различного назначения на базе одномодовых и многомодовых ОВ. Она основана на изготовлении прецизионных наконечников и замкнутых центраторов из металлокерамики ВК6 ОМ [1]. Ключевой операцией процесса является юстировка сердцевины ОВ относительно сопрягаемой поверхности оптического наконечника. Этот процесс, и пока только этот, обеспечивает получение ОС с высокими параметрами из ОВ с пониженными геометрическими характеристиками. К сожалению, эта технология сложная, трудоемкая, требует сверхточного специального оборудования и контрольно-измерительной аппаратуры. Себестоимость ОС при такой технологии нас не удовлетворяет.

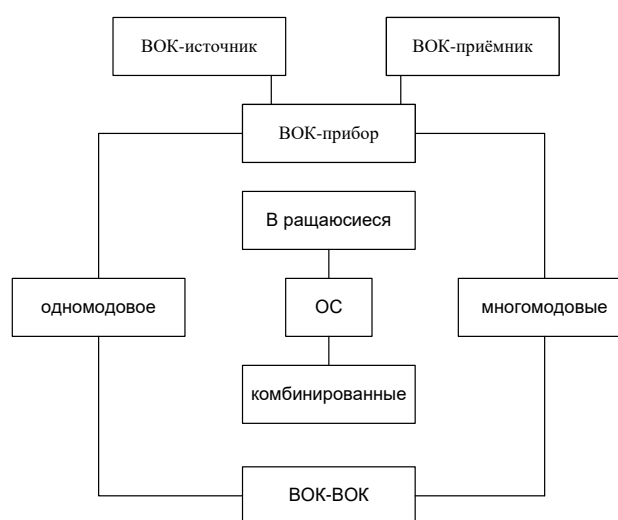


Рис. 2.2. Классификация ОС с точки зрения структурного участия ОС в ВОЛС

Учитывая гамму конъюнктурных соображений, очевидно, стране нужна своя технология производства ОС с использованием наконечников и

центраторов из керамики. Отсутствие такой технологии - самое уязвимое место в отечественном производстве ОС. Заметим, большой научный и практический интерес представляет использование нанокластерных керамических композитов, отличительной особенностью которых является отсутствие усадки при формообразовании прецизионных деталей.

Совместно с ведущими предприятиями страны мы начали разработки с целью создания технологии производства наконечников и центраторов из керамики на основе окиси циркония. Решение проблемы предполагается в три этапа:

- получение мелкодисперсного порошка с регулярной фракцией и получение прецизионных заготовок наконечника и центратора;
- разработка комплекса специального технологического оборудования и контрольной аппаратуры;
- организация серийного производства изделий.

Решение первого этапа близится к завершению и есть все основания, что в 2000 году задача будет решена. Что касается второго этапа, то здесь основным препятствием будут являться объемы финансирования работ. После решения этих проблем задача организации серийного производства, на наш взгляд, не займет много времени, достаточно будет одного-двух кварталов (полугода).

Основными направлениями разработок ОС являются:

1. создание многоконтактных ОС;
2. создание вращающихся ОС;
3. создание миниатюрных ОС с диаметром наконечников 1,25 - 1,5 мм для внутриприборного монтажа, в том числе для установки на печатные платы;
4. унификация, модульное исполнение ОС;
5. стандартизация ОС.

В заключение хотелось бы отметить, что учеными мира, в том числе и нашими, ведутся поиски более совершенных видов передачи информации,

базирующихся на развивающейся теории физического вакуума. Но, несмотря на это, нам не так уже долго осталось ждать момента, когда "созреет" аппаратура, которая сможет удовлетворить возможности ВОЛС по емкости и скорости передачи информации. Как только это произойдет, то будущие поколения не будут испытывать тесноты в каналах связи. И просматривая телепередачи, они будут испытывать комфорт от объемных изображений на экране и наслаждаться от запахов лесов, садов, рек и морских просторов. А включая свою систему, они даже не заметят, какую услугу им оказал оптический соединитель.

2.2. Методы оптимизации активных элементов

Волоконно-оптические технологии, стремительное развитие которых во второй половине прошлого века привело к созданию систем связи альтернативных обычным "проводным", в настоящее время все чаще используются и в других областях электронной техники. В первую очередь это различные объектовые системы меж интерфейсного обмена, организация управления технологическими процессами, прием и передача статусных сигналов и многие другие применения в которых использование оптического волокна обеспечивает существенные преимущества по сравнению с традиционными средствами коммуникаций, как проводными, так и беспроводными. Основными преимуществами линий связи выполненных с использованием оптических волокон являются следующие:

- низкое собственное затухание и отсутствие внутренних помех;
- широкополосность;
- невосприимчивость к электромагнитным воздействиям и отсутствие собственного излучения;
- диэлектрические свойства волокон и их устойчивость к воздействию агрессивных сред;
- относительная сложность несанкционированного доступа;

- простота согласования с активными компонентами ВОЛС волоконно-оптических кабелей.

Функционально ВОЛС для рассматриваемых применений состоит из пассивной части и активных компонентов. К пассивной части относятся непосредственно волоконнооптический кабель различного типа и весь арсенал сопутствующих компонентов, таких как оптические разъемы, разветвители, оптические переключатели, аттенюаторы, мультиплексоры и др. Активную часть ВОЛС составляют приемные и передающие устройства, отличающиеся друг от друга использованием различных длин волн оптического спектра, быстродействием, форматом обрабатываемых сигналов, принципами обработки сигналов для решения задач конкретных применений. Необходимо отметить, что для решения задач связи на большие расстояния, существует достаточно большое количество активных компонентов, интегрирующих в своем составе оптические элементы и схемы выполняющие функции согласования и сервиса. Для решения же специализированных задач внутри ограниченного объекта с применением волоконных технологий используются, как правило дискретные активные компоненты, такие как светодиоды (LED), лазерные диоды (LD), фотодиоды, интегральные приемники (фотодиод+ предусилитель). Задачи согласования электрического интерфейса с компонентами ВОЛС для достижения определенного набора оптических параметров выполняются непосредственно разработчиком в процессе создания системы, что требует определенных знаний, а также технологических и метрологических средств.

В тоже время для решения задач связи с использованием ВОЛС внутри ограниченных по протяженности объектов, как показывает анализ существующих решений, нет необходимости в активных компонентах отличающихся предельными значениями пороговой чувствительности у приемных устройств и максимальными значениями выходной оптической мощности для передающих, так как затухание оптического излучения в современных волокнах в зависимости от типа и используемой длины волны

составляет от единиц до десятых долей децибел на километр. Кроме этого, как правило, информация в таких системах транслируется в виде пакетов, одиночных сигналов и даже уровней, т.е. имеет неограниченный формат. Достаточно часто к системам данного класса предъявляются и требования по минимизации собственного потребления, что в свою очередь определяет не только выбор активных компонентов ВОЛС, но и отказ от дополнительного кодирования транслируемой информации. До недавнего времени решение подобных задач осуществлялось с помощью оптических компонентов разработанных рядом фирм более 10 лет назад и в настоящее время их использование не является по нашему мнению оптимальным. Для дальнейшего внедрения волоконнооптических технологий в электронные системы связи и управления в настоящее время требуются активные компоненты ВОЛС с набором некоторых специфических качеств, а именно:

- отсутствием ограничения на формат транслируемых сигналов (одиночные, постоянные, пакетные сигналы, инверсные и др.);
- минимальным потреблением по цепям питания при реализации необходимой скорости передачи информации:
- согласование как по электрическим, так и по оптическим стандартным интерфейсам (уровни стандартной логики, длина волны оптического излучения, характеристики оптических кабелей, динамический диапазон и прочие);
- достаточная стабильность основных параметров активных компонентов в указанных диапазонах эксплуатации;
- минимальные габаритные размеры корпусов компонентов, их коррозионноустойчивость, высокая степень электромагнитной защиты, возможность применения различных типов стандартных оптических разъемов.

Поиск возможных решений при создания подобных компонентов, а также достаточно большой опыт работы при создании специализированных изделий в этой области, позволяет нам утверждать, что соединить

вышеуказанные качества в одном комплекте оптимальным способом не представляется возможным.

При создании активных передающих модулей для объектов ВОЛС в настоящее время используются в основном светоизлучающие диоды (LED) и полупроводниковые лазерные диоды (LD) с длинами волн оптического излучения 0.85мкм, 1.3мкм, 1.55, что соответствует окнам "прозрачности" в кварцевых оптических волокнах используемых в системах передачи информации. Эти излучающие элементы поставляются производителями в герметичных микрокорпусах типа TO-18, TO-46, TO-56 и др., снабженных микрооптикой для целей эффективного и безопасного размещения их в оптическом разъеме. В технологическом процессе они юстируются в корпусе оптического разъема относительно наконечника оптического кабеля, входящего в состав ответной части разъема. После юстировки с точностью нескольких микрон оптический элемент фиксируется одним из возможных способов.

Так как лазерные диоды обладают сильной зависимостью своих характеристик от температуры окружающей среды, то они часто поставляются со встроенным фотодиодом обратной связи, который используется для стабилизации уровня выходной оптической мощности. Это улучшает стабильность выходных параметров оптических модулей, но требует усложнения схемных решений и соответственно к увеличению габаритных размеров и потребляемой мощности. Кроме этого, как правило, из-за разброса электрооптических характеристик лазерных диодов требуется индивидуальная настройка каждого изделия.

Один из наиболее простых способов модуляции оптического излучения с достаточно большим быстродействием может быть реализован с помощью микросхем серий 74АС, 74АСТ или отечественных 1554, 1594. Упрощенная схема такого модулятора приведена на рис.1. Выход микросхемы подключен через резисторы R1, R2 непосредственно к аноду LED или LD. С помощью резистора R3 осуществляется начальное смещение полупроводникового

диода с целью выхода на линейный участок характеристики оптическая мощность - ток. Конденсатор С1 осуществляет высокочастотную коррекцию переходной характеристики. Так как прямое падение напряжения на диоде с увеличением температуры уменьшается, то происходит некоторая компенсация уменьшения оптической мощности за счет увеличения прямого тока.

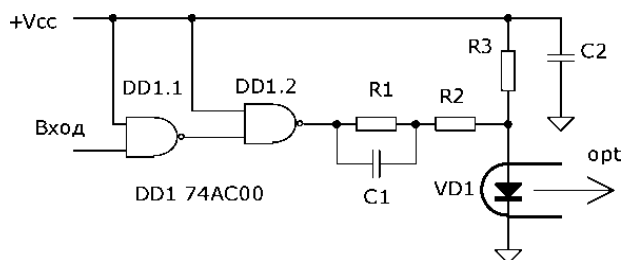


Рис.2.3. Схема модуляции источника оптического излучения с использованием микросхем 74АС – серии

Для наращивания величины модулирующего тока возможно параллельное соединение выходов микросхем, а для более эффективной температурной компенсации последовательно со светоизлучающим элементом включается полупроводниковый диод или транзистор с малым временем восстановления. Пример такого включения приведен на рис.2.4.

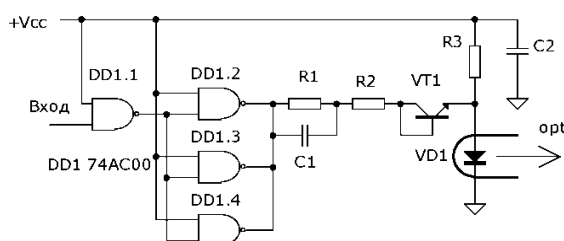


Рис.2.4. Схема модуляции источника оптического излучения с использованием параллельного соединения микросхем 74АС - серии и термокомпенсацией

К достоинствам такого способа модуляции можно отнести

минимальные затраты потребляемой энергии на единицу оптической мощности. Если не использовать начальное смещение для излучателя, то потребляемый ток в паузе определяется характеристиками применяемой логической микросхемы и может составлять при комнатной температуре несколько мкА. При этом полностью в паузе отсутствует оптическое излучение. К недостаткам данного метода относится зависимость тока модуляции от напряжения питания, что требует стабилизации последнего. Способ модуляции по схеме указанной на рис.2 использован в конкретном изделии ОМТД-03. В качестве оптического излучателя в нем использован лазерный высокоскоростной VCSEL диод с длиной оптического излучения 0.85мкм. Модуль имеет оптический разъем типа - ST и рассчитан для применения в системах, использующих многомодовое волокно (MMF) с диаметром световедущей жилы $\phi=62.5/125$. Конструктивное исполнение - металлический корпус с использованием унифицированного основания типа 151.15-8 ПАЯ4.880.011-01. Внешний вид модуля представлен рис.2.5.

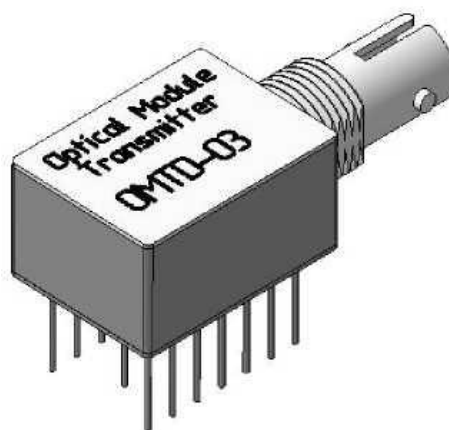


Рис.3.Внешний вид передающего оптического модуля ОМТД-03

Данное изделия наиболее часто используется в качестве источника оптического излучения в волоконно-оптических оптронах и оптореле.

2.3. Методы оптимизации мультиплексоров

Развитие телекоммуникаций идет ускоренными темпами. Получили широкое развитие современные цифровые технологии передачи данных, к которым можно отнести ATM, Frame Relay, IP, ISDN, PCM, PDH, SDH и WDM. Причем такие технологии, как ATM, ISDN, PCM, PDH, SDH и WDM можно отнести к технологии глобальных сетей (ГС), или к магистральным технологиям передачи данных.

Технологии ГС основаны на коммутации цепей, они используют предварительное установление соединения. С другой стороны, они относятся к магистральным технологиям, т.е. технологиям, способным передавать данные между ЛВС, районами, городами, зонами/регионами и государствами, использующих развитую адресацию на основе стандарта ITU-T E.164.

Технология IP – пакетная, неотъемлемый атрибут сети Internet и яркий пример сетевой технологии ЛВС, все шире и шире используется для передачи пакетизированного голосового трафика по сети Internet. Благодаря наличию маршрутизаторов и шлюзов в сети общего пользования, IP-телефония может рассматриваться как глобальная магистральная технология. Успех ее обусловлен следующим:

- наличием сформированной среды передачи -Internet, абонентами которой являются миллионы;
- низкими тарифами на использование сети для голосовой связи по сравнению с соответствующими тарифами традиционной междугородной и международной связи;
- универсальностью услуг сети: передача голоса, данных, видео и мультимедиа (любого уровня);
- универсальностью и доступностью терминального оборудования, устанавливаемого у клиента (ПК + модем);

- доступностью и простотой установки ПО у конечного пользователя;
- возможностью использовать все виды доступа в Internet (ТфОП, выделенный канал, радиорелейная и спутниковая связь).

Технология Frame Relay – пакетная технология КС, пришедшая на смену технологии X.25. Удобное средство получения дешевых универсальных услуг по передаче голоса (VoFR), факса и данных, используя относительно небольшой (16-32 кбит/с) зарезервированный или коммутируемый виртуальный канал пакетной передачи. Эта технология используется достаточно широко, благодаря следующим возможностям:

- интегрированный сервис на скоростях до E3/T3 (34/45 Мбит/с);
- доступ в синхронную сеть асинхронных пользователей с помощью устройств доступа FRAD;
- уровень качества обслуживания/сервиса QoS;
- экономия средств за счет оптимально выбранной арендуемой полосы.

Эта технология не имеет развитых средств адресации, необходимых для магистральных сетевых технологий, но, будучи универсальной технологией доступа, близкой к технологии АТМ (виртуальная адресация PVC-SVC), может рассматриваться интегрировано с транспортной технологией АТМ, как технология глобальных сетей.

Технология АТМ – пакетная, задуманная как универсальная широкополосная технология (широкополосная ISDN – BISDN), способная передавать любой тип трафика путем инкапсуляции его информационного содержимого в поле полезной нагрузки ячейки АТМ.

Эта технология может быть полностью отнесена к магистральным, но она не является транспортной, так как не имеет в своей OSI-модели физического уровня. В результате она должна использовать какую-то глобальную транспортную технологию, например PDH, SDH, SONET или WDM. Для этого эти технологии или должны иметь возможность инкапсулировать ячейки АТМ в поле полезной нагрузки своих транспортных модулей, как это имеет место для технологий DS3, PDH, SDH и SONET, или

иметь реализованный физический интерфейс, или интерфейсную карту, позволяющую непосредственно модулировать параметры (например, интенсивность) оптической несущей, как это имеет место в системах с WDM.

Техника инкапсуляции ячеек ATM в виртуальные контейнеры VC-n фреймов SDH (ATM over SDH) регламентируется новым стандартом ITU-T G.707 (3.96), а упаковка во фреймы PDH E1-E4 (ATM over PDH) – новыми стандартами ITU-T G.804 (2.98) и G.832 (10.98). Аналогично регламентируется техника инкапсуляции ATM over DS3 и ATM over SONET. Что касается интерфейсов, позволяющих передавать ATM через WDM, то они реализуются производителями этого оборудования.

Технология ATM имеет следующие возможности:

- предоставление интегрированных услуг по передаче голоса, факса, данных, видео и мультимедиа;
- обеспечение требуемого уровня качества обслуживания QoS;
- предоставление широкого диапазона скоростей передачи от E1 до E4, от STM-1 до STM-256 и от OC-1 до OC-768;
- приема передачи с помощью адаптерных плат ПК;
- инкапсуляции и передачи IP-трафика (технология IP over ATM).

Применение технологии ATM так и не стало массовым, и в настоящее время по степени влияния и распространения она уступает технологии IP, которая может занять ее нишу вместе с технологией ISDN.

Относительный прогресс в Узбекистане в этой области сводится к факту использования цифровых технологий и АТС и переходу на ОЦК – 64 кбит/с, как на базовую меру использования ширины полосы пропускания цифровых сетей в расчете на одного пользователя. ОЦК допускает не только его использование для передачи голоса, факса и данных, но и организацию наложенной связи (с коммутацией пакетов), а также вторичное уплотнение канала путем использования стандартных алгоритмов сжатия, сертифицированных для применения на сетях ВСС РФ. В первую очередь это относится к использованию известного алгоритма ADPCM (адаптивной

дифференциальной ИКМ – АДИКМ), сжимающий ОЦК до 32 кбит/с, и новых алгоритмов: LDCELP (алгоритм линейного предсказания с кодовым возбуждением и малой задержкой – ITU-T G.728, 1992г.), сжимающий ОЦК до 16 кбит/с (в 4 раза), практически без ухудшения качества голоса, и CS-ACELP (ITU-T G.729, Annex A, 11.96), сжимающий ОЦК до 8 кбит/с (в 8 раз).

Технология PDH. Этой технологии около 30 лет. Относительный прогресс в этой области состоит лишь в том, что новая генерация оборудования PDH позволяет:

- использовать новую схему формирования фреймов E2 с байт-интерливингом (ITU-T G.704, 10.98), расширяющую возможности использования схем сигнализации CAS и CCS;
- использовать новые структуры фреймов E3 и E4, используемые при взаимодействии PDH и SDH (ITU-T G.832, 10.98);
- передавать виртуальные контейнеры соответствующего уровня фреймов SDH, давая возможность системам PDH соединять отдельные кольца SDH в единую сеть;
- передавать ниббл сообщения о статусе синхронизации (SSM), формируемый системами SDH, и тем самым участвовать в управлении сетью синхронизации;
- быть включенным в общую схему управления оборудованием единой сети PDH-SDH.

Указанные нововведения позволяют продлить жизнь этой технологии и органично вписаться в интегрированные сети PDH-SDH.

Технология ISDN. Этой технологии около 20 лет, но в нашей стране она начала активно развиваться только последние 5 лет. Ее внедрению мешает как отставание в развертывании цифровых АТС, так и создание адаптированной версии известной сигнализации SS#7 (ОКС-7).

Эта технология использует несколько форматов передачи данных:

2B+D (B = 64 кбит/с, D = 16 кбит/с), 6B и 30B+D (D = 64 кбит/с). Наиболее простой из них – первый, так называемый доступ на базовой скорости (BRA). Он позволяет, используя цифровую сеть общего пользования с общей схемой нумерации, передавать голос, факс, данные, осуществлять модемный доступ на скорости 128 кбит/с и проводить видеоконференции, т.е. все то, что обещает АТМ. И хотя скорости ISDN не столь велики, как обещанные АТМ, но все же достаточны для использования так называемого доступа на первичной скорости Е1 (PRA).

Отличительная особенность ISDN в том, что она использует готовую цифровую телефонную сеть, а стоимость адаптеров ISDN, как и аренда номеров, существенно ниже по сравнению с АТМ. Жаль, что распространению этой технологии, кроме указанных объективных причин, мешают ведомственные барьеры, не допускающие широкого использования корпоративных ISDN-решений, основанных на международных стандартах.

Технология SDH, (первые стандарты относятся к 1988 г.). Основной прогресс на цифровых сетях в нашей стране связан именно с ее использованием. Первые сети SDH появились в России в 1993 г. Их основными особенностями в то время были использование скорости 155 Мбит/с (уровень STM-1 в иерархии SDH), оптоволоконные кабели в качестве среды передачи и архитектура двойного кольца, позволяющая восстановить трафик за 50 мс после обрыва одного из волокон или выхода из строя одного из мультиплексоров.

Технология WDM. Этой технологии не больше 10 лет. В 1992 г. она позволяла объединять 2-4 оптические несущие, теперь – 160-240. Если каждая из несущих будет иметь в качестве мультиплексора доступа мультиплексор SDH уровня STM-64 (10 Гбит/с), то его максимальный поток составит 1,6-2,4 Тбит/с.

Развитие технологии WDM ведет к изменению модели взаимодействия основных транспортных технологий. До внедрения технологии WDM модель состояла из трех уровней и среды передачи и показывала, что для

транспортировки трафика верхнего уровня (ATM, IP) через оптическую среду передачи он должен быть инкапсулирован в транспортные модули/сигналы STM-N/STS-n (OC-n), способные, используя физический интерфейс технологии SDH/SONET, пройти через физический уровень в оптическую среду передачи. Отсюда ясна необходимость создания технологий инкапсуляции ячеек ATM, например в виртуальные контейнеры SDH (ATM over SDH) или в виртуальные трибы SONET (ATM over SONET), или пакетов IP в виртуальные трибы SONET (IP over SONET).

После появления систем WDM модель имеет три или четыре уровня, не считая среды передачи. Появился промежуточный уровень WDM, который, как и SDH/SONET, обеспечивает физический интерфейс, позволяющий через физический уровень выйти на оптическую среду передачи не только технологии SDH/SONET, но и технологиям ATM и IP.

Выводы к второй главе

1. Пассивные элементы ВОЛС – оптические соединители и разделители, шнуры, распределительные панели, кроссовые шкафы, муфты, мультиплексоры.
2. Параметры пассивных элементов взаимосвязаны и зависимы друг от друга.
3. Разработана классификация ОС с точки зрения структурного участка ОС в ВОЛС.
4. Разработаны методы оптимизации активных, и пассивных элементов и мультиплексоров.

3. МОДЕРНИЗАЦИЯ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИХ ЛИНИЙ СВЯЗИ

В декабре 2016 года, началось строительство новой железнодорожной ветки из Бухары в Мискен (Рис.1), протяженностью 355 километров. Строительно-монтажные работы начались одновременно с двух сторон на встречу друг-другу. Два отрезка железнодорожных путей состыковались в день 26-летия независимости страны – 1 сентября 2017 года.

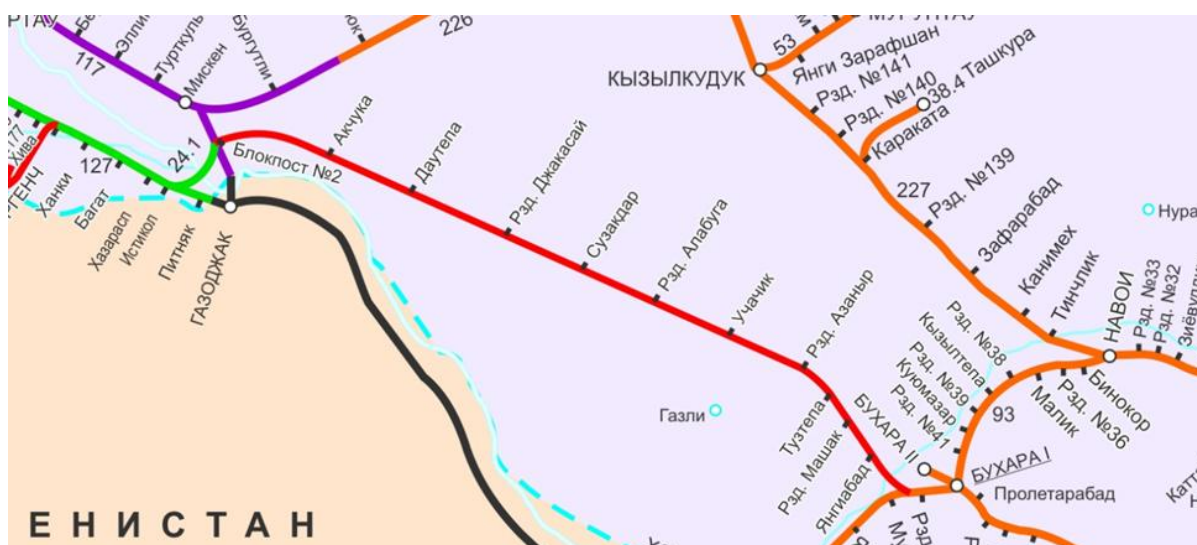
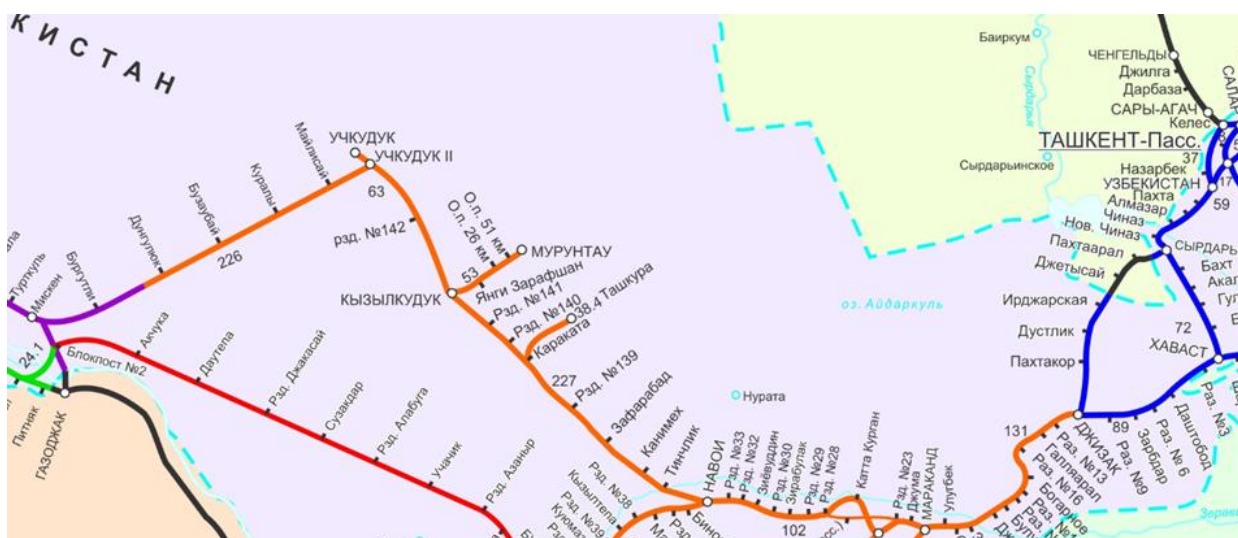


Рис.3.1. Участок Бухара - Мискен

Отметим, новая дорога пролегает в пустынном регионе страны. Строительство велось в сложных климатических условиях, особенно в весенне-летне-осеннее время, когда строители прокладывали дорогу на солнцепёке, делая ближе адреса, сокращая расстояния. Говоря о последнем, с запуском новой железной дороги расстояние между Ташкентом и Ургенчем сократилось на 75 км. До 1 сентября 2017 года поезда из столицы в административный центр Хорезмской области ходили объездным путём, по линии Навои – Учкудук – Мискен (Рис. 3.2).



3.2. Участок Навои – Учкудук – Мискен

Разработанный акционерным обществом “Боштранслойиха” проект реализован в намеченные сроки. В ходе прокладки линии построены 121 искусственное сооружение, 12 мостов и 6 путепроводов, 5 новых станций (Янгиабад, Тузтепа, Учачик, Сузакдор, Даутепа) и 5 разъездов (Машак, Азанир, Алабуга, Жакасай, Акчука). Объем земляных работ превысил 21,2 миллиона кубометров. Были задействованы свыше 1500 тысяч рабочих и специалистов, более тысячи единиц мощной современной строительной техники и механизмов.

Строительство таких железнодорожных линий, как Навои – Учкудук – Султан Увайстаг–Нукус, Ташгузар–Байсун–Кумкурбан, Ангрен–Пап наряду с техническими возможностями страны продемонстрировало высокую квалификацию и большой потенциал отечественных строителей и специалистов. Это поистине колоссальный опыт и он имел важное значения при строительстве железнодорожной линии Бухара – Мискен. Новая железнодорожная линия будет способствовать дальнейшему освоению и эффективному использованию природных богатств региона.

В перспективе по новой железной дороге будет налажено также и движение высокоскоростных поездов “Afrosiyob”, что позволит создать благоприятные условия для нового туристского маршрута, оптимизировать

существующие туристские туры, объединяющие в единое транспортное направление города Ташкент, Самарканд, Бухара и Хива.

В соответствии с концепцией развития телекоммуникаций и модернизации связи перспектива развития сети связи железнодорожного транспорта предусматривает развертывание интегрированной системы железнодорожной сети связи на базе цифровой сети и системы «Волоконно-оптическое системы связи» (ВОСП). ВОСП система решает следующие задачи:

- повышение безопасности движения;
- совершенствование технологической связи железных дорог;
- совершенствование автоматизации и мониторинга технологических процессов;
- технологическая поддержка и повышение эффективности трансконтинентальных перевозок.

Таким образом, из всего выше сказанного следует, что развертывание этой сети целесообразно со всех точек зрения, а значит внедрение такой системы связи на Хорезмской дистанции сигнализации и связи весьма актуально.

Дистанция сигнализации и связи Хорезм – это линейное предприятие железнодорожного транспорта, которое занимается технической эксплуатацией средств сигнализации, централизации, блокировки, проводной и радиосвязи, ПОНАБ, а также устройств вокзальной автоматики. Главным ходом для Хорезмской дистанции является участок Мискен – Бухара (рис.3.1). Для этого хода будет составлен проект с использованием технологии SDH.

В данной диссертационной работе будут рассмотрены только линейные модули, состоящие из приемопередатчиков станций.

Сеть телесвязи на линии Мискен – Бухара представляет собой кольцевую структуру большой емкости, соединяющую между собой станции. Это кольцо, передача по которому ведется потоком E1 со скоростью

2 Мбит/с, также позволяет осуществить централизацию.

Кольцо, организуемое при помощи потоков SDH, имеет ряд преимуществ:

- Упрощение сети, что дает экономию не только в оборудовании, но и в месте для размещения, питания и обслуживания.
- Надежность и самовосстанавливаемость сети - сеть использует волоконно-оптический кабель, передача по которому практически не подвержена действию электромагнитных помех.
- Гибкость управления сетью, обусловленная наличием большого числа достаточно широкополосных каналов управления и компьютерной иерархической системой управления.
- Выделение полосы пропускания по требованию.
- Прозрачность для передачи любого вида трафика.
- Универсальность применения - технология может быть использована как для создания глобальных сетей или глобальной магистрали, так и для компактной кольцевой корпоративной сети, объединяющей десятки локальных сетей.
- Простота наращивания мощности - при наличии универсальной стойки для размещения аппаратуры переход на следующую более высокую скорость передачи иерархии можно осуществить, просто вынув одну группу функциональных блоков и вставив новую (рассчитанную на большую скорость) группу блоков.

Станции будут связаны между собой последовательно. Максимальное количество ВОСП на каждой станции будет составляет 1 штук. При этом передача сигналов между станциями производится 155 Мбит/с потоком по оптическим волокнам. На станциях размещены все радиотехнические устройства антенного комплекса, а также необходимые устройства контроля. Станция может обслуживать несколько передающих/приемных устройств (радиотерминалов). Периферийное оборудование RPF объединено в кольцевую структуру и взаимодействует с центром через оборудование SDH

поток 155 Мбит/с.

Кольцевая структура необходима для обеспечения резервирования потоков, т.е. такая система должна работать без перерывов связи.

Сеть SDH строится по функциональным слоям, верхний занимает пользователь. Он является клиентом, которого обслуживает нижележащий сетевой слой. Тот, в свою очередь, выступает в роли клиента для следующего слоя и т.д. деление по слоям позволяет: внедрять и менять независимо друг от друга отдельные сетевые слои, часть которых может сохраняться при смене нескольких поколений технологий; иметь в каждом слое собственные ОАМ - средства для контроля и обслуживания передачи информации клиента и для борьбы с отказами, что повышает качество связи, минимизирует усилия при авариях и снижает влияние аварий на другие слои; выделять соответствующие объекты в системе TMN.

Важнейшими для последующего изложения являются сетевые слои (сверху вниз): каналов, трактов и секций (Табл. 3.1).

Таблица 3.1. Послойное строение сети СЦИ

Слой каналов	Сеть коммутации ОЦК	
	Сеть коммутации пакетов	
	Сеть аренды каналов	
Слой трактов	Сеть трактов низшего ранга	
	Сеть трактов высшего ранга	
Слой среды передачи	Секции	Мультиплексные ОВ и радиорелейная сеть
	Физ. среда	Регенерационные ОВ и РРЛ сеть

Сеть каналов – слой, обслуживающий собственно пользователей. Их терминалы подключаются к комплектам оконечной аппаратуры SDH соединительными линиями (СЛ). Сеть каналов соединяет различные комплекты оконечной аппаратуры SDH через коммутационные станции (например, ЭАТС).

Группы каналов объединяются в групповые тракты различных

порядков, образуя сеть трактов. Имеется два сетевых слоя трактов (сверху вниз по иерархии SDH) – низшего и высшего порядков. В каждом слое может осуществляться коммутация – с помощью аппаратуры оперативного переключения (АОП) трактов.

Групповые тракты организуются в линейные, построение которых зависит от среды передачи. Это сетевой слой среды передачи. Он подразделяется на два: слой секций (верхний) и слой физической среды. Линейные тракты SDH выполняют и часть функций аппаратуры группообразования (мультиплекса) – например, ввод и ответвление цифровых потоков. Сетевой слой секций разделяется на два. Верхним является слой мультиплексных секций (MS). Это ЛТ с частью функций мультиплекса. Нижний слой – слой регенерационных секций (RS).

Целостность информации клиента в пределах данного слоя сети обеспечивает "трасса" (trail). Это введенное в SDH понятие обобщает понятие каналов, трактов и секций. Трасса включает средства передачи сигналов и ОАМ – средства. Поступающая в каждый слой информация клиента проходит через точки доступа, лежащие на границах слоя. Сеть внутри слоя образуется звеньями, связывающими точки доступа напрямую или через другие звенья, соединяемые с данным звеном в точках внутри слоя.

Вначале поступающая информация адаптируется, т.е. согласуется с функциями передачи данного слоя. В канальном слое производится аналого-цифровое преобразование или преобразование непрерывно поступающей от пользователя цифровой информации в циклическую форму в канале 64 кбит/с; в слое трактов – группообразование; в слое секций несколько трактов высшего порядка объединяются между собой и с ОАМ – сигналами при вводе в цикле секции.

В каждом слое выполняются соединения звеньев – по принципу 1:1 или 1:N. Вместо громоздких и малооперативных кроссов, к которым подключаются действующие PDH – тракты, трассы SDH заканчиваются комплектами оперативного переключения цифровых трактов и секций,

управляемыми в рамках SDH.

Каждый сетевой слой может содержать подсети, соединяемые между собой СЛ, например интернациональные, национальные, областные и т.д. это деление сети SDH по горизонтали дополняет вышеописанное деление по вертикали.

Отдельные элементы сети SDH (линейные тракты, мультиплекс, аппаратура ввода/вывода цифровых потоков и т.д.) оснащаются интерфейсами сетевых узлов (NNI), с помощью которых производятся соединения элементов. Параметры NNI оговариваются в Рек. G.708 (структура циклов), G.703 (электрические характеристики) и G.957 (оптические характеристики).

Для организации соединений в сетевом слое трактов образуются виртуальные контейнеры (Virtual Container, VC). VC — это блочная циклическая структура с периодом повторения 125 или 500 мкс (в зависимости от вида тракта). Различают VC различного порядка — для разных скоростей передачи, имеющие обозначения VC-11, 12, 2, 3, 4: VC содержит также заголовок, называемый "трактовым" (Path OH, POH).

Виртуальные контейнеры формируются и расформируются в точках окончания трактов. Заголовок создаётся и ликвидируется в пунктах, в которых формируется и расформируется VC-n (Табл. 3.2), проходя транзитом секции. Он позволяет осуществлять контроль качества трактов "из конца в конец" и передавать аварийную и эксплуатационную информацию.

Таблица 3.2. Перечень VC-n

VC - n	VC-11	VC-12	VC-2	VC-3	VC-4
Объём, Мбит/с	1.6	2.176	6.78	48.384	149.76
Сигналы ПЦИ Мбит/с	1.5	1.5 и 2	6	34 и 45	140

Тракты, соответствующие виртуальным контейнерам 1-го и 2-го уровня VC-11 и VC-12, относятся к трактам низшего порядка, а виртуальным контейнерам 3-его и 4-го уровней VC-3 и VC-4 – высшего.

VC-11, VC-12 и VC-2 относится к нижнему рангу, а VC-3 и VC-4 – к верхнему. Во второй строке таблицы показан их полезный "объём" т.е, предельная скорость нагрузки, а в нижней строке – скорости передачи сигналов ПЦИ (округленно), размещение которых стандартизировано в этих контейнерах.

VC-11, VC-12 и VC-2 относится к нижнему рангу, а VC-3 и VC-4 – к верхнему. Во второй строке таблицы показан их полезный "объём" т.е, предельная скорость нагрузки, а в нижней строке – скорости передачи сигналов ПЦИ (округленно), размещение которых стандартизировано в этих контейнерах. Информация, определяющая начало цикла VC-n , обеспечивается обслуживающим сетевым слоем. VC-4 – виртуальный контейнер уровня 4 – элемент мультиплексирования СЦИ, который не разбивается по подуровням и представляет собой поле формата 9*261 байтов (содержит 9 рядов и 261 столбец). Первый столбец занимает РОН , а остальные 2340 элементов – полезная нагрузка: при прямой схеме мультиплексирования - это контейнер C-4 (скорость передачи $2340*64=149760$ кбит/с.), либо путем мультиплексирования нескольких групп TUG-2 и TU-3, а именно: VC-4 формируется как 1*C4 или 4*TU-31, или 3*TU-32, или 21*TUG-21, или 16*TUG-22.

VC-3 – виртуальный контейнер уровня 3 - элемент мультиплексирования СЦИ, который разбивается на два виртуальных контейнера: VC-31 и VC-32 – поля формата 9*65 байтов – для VC-31, и поля формата 9*85 байтов – для VC-32; полезная нагрузка VC-3 формируется либо из одного контейнера C-3 (прямой вариант схемы мультиплексирования), либо путем мультиплексирования нескольких групп TUG-2, а именно: VC-31 формируется как 1*C31 или 4*TUG-22, или 5*TUG-21; VC-32 формируется как 1*C32 или 7*TUG-22. Контейнер C-3 имеет 84 столбца и выдаёт полезную нагрузку $84*9*64=48384$ кбит/с. Виртуальные контейнеры верхних уровней VC-3,4 позволяют сформировать соответствующие административные блоки.

3.1. Применение оптимизированных активных элементов на участке железнодорожного транспорта Бухара – Мискен

Автоматизированные системы непрерывного мониторинга ОК сетей связи выпускаются рядом зарубежных компаний. В настоящее время на рынке представлены четыре системы RFTS, выпускаемые ведущими мировыми производителями подобного оборудования:

- AccessFiber (компания Agilent Technologies, бывшая Hewlett-Packard, HP);
- Atlas (компания Wavetek Wandel&Goltermann);
- FiberVisor (компания EXFO);
- Orion (компания GN Nettest).

Таблица 3.3

Функции\Система	AccessFiber	Atlas	FiberVisor	Orion
	Agilent Technologies (HP)	Wavetek Wandel&Goltermann	EXFO	GN Nettest
Мониторинг активных (занятых) волокон	+	+	+	+
Тестирование в ручном режиме по запросу	+	+	+	+
Тестирование по заданному расписанию	+	+	+	+
Функция документирования	+	+	+	+
Интеграция с электронной картой ГИС	Mapinfo	Mapinfo	InterGraph (функция импорта других форматов)	Mapinfo
Архитектура “клиент-сервер”	На платформе Windows NT	На платформе Windows NT, Unix	На платформе Windows NT	На платформе Unix
Организация многоуровневого доступа к системе	+	+	+	+
Поддержка удаленного доступа к серверу TSC	-	-	+	+
Поддержка функции статистического анализа характеристик ОВ	+	+(с построением графиков)	+	+
Локальное конфигурирование и управление блоком RTU	-	-	+	+(необходим Notebook или ПК)
Автономная работа модуля RTU при потере связи с сервером	+	+	+	+
Готовые решения для мониторинга DWDM сигналов и PMD	-	-	+(модули OSA и, PMD)	-
Поддержка протокола SNMP	-	-	+	н/д

Сравнительный анализ различных систем RFTS (табл.3.3) показывает, что для практического применения лучшими в функциональном и техническом плане являются системы FiberVisor (EXFO), Orion (GN Nettest) и Atlas (Wavetek Wandel&Goltermann). С учетом требований расширяемости, масштабируемости и возможности интеграции с различными ГИС предпочтение следует отдать системе FiberVisor (EXFO).

MLink-STM 16/64 – интеллектуальная система оптической передачи данных нового поколения, которая специально разработана для обеспечения связи уровня города (MAN). MLink-STM 16/64 объединяет в себе технологии синхронной цифровой иерархии (SDH), волнового уплотнения (WDM), передачи Ethernet, асинхронной передачи данных (ATM), плезиохронной цифровой иерархии (PDH).

Универсальный регенератор GE31-х.2700F предназначен для переприема и восстановления волоконно-оптических сигналов, таких как: STM-1/4/16/64, Fibre Channel, 2xFibre Channel, Gigabit Ethernet, HD/SD-SDI, ASI. После регенерации сигнала (устранение джиттера фронтов, восстановление амплитуды), цифровой поток может быть передан на расстояние до 200 км. Так же данный регенератор позволяет изменить оптическую длину волны сигнала и тип рабочего волокна (одномодовое / многомодовое) за счет сменного SFP модуля.

Двухсекционный настенный оптический кросс на 24 портов, используется в телекоммуникационных системах для концевой заделки, распределения и коммутации волокон оптического кабеля на волоконно-оптических линиях связи. Данная модель кросса позволяет устанавливать в нем 48 портов SC, FC, ST. Кабельные вводы располагаются сверху и снизу конструкции, что обеспечивает максимально удобную заводку магистрального кабеля. Места сварки и пигтейлы устанавливаются в сплайс-пластину, которая закрывается прозрачной крышкой для защиты. Коробка выполнена из стали толщиной 1,2 мм, обеспечивая тем самым максимальную жесткость. Как и всех моделях настенных кроссов имеется замок, для

предотвращения несанкционированного доступа в кросс.

Рассмотренная выше технология позволяет предавать данные на большой скорости (табл. 3.4).

Таблица 3.4

Обозначение потока SDH	Скорость потока, Мбит/с
STM-1	155,52
STM-4	622,08
STM-16	2488,32
STM-64	9953,28
STM-256	39813,12
STM-1024	159252,48

С учётом выбранного оборудования выбирается поток STM-64, что позволяет предавать данные со скоростью около 10 Гбит/с. Данная скорость полностью удовлетворяет требованиям организации, что позволяет им в полной мере осуществлять поставленные им задачи.

Оптический мультиплексор MLink-STM16/64 (Рис.3.5) способен организовать передачу данных до уровня STM-16/64, и предназначен для обеспечения связи уровня города (MAN) и для работы на центральных и периферийных узлах операторов связи. Система отличается большими возможностями кросс-коммутации, гибким доступом, широкой полосой пропускания и надёжностью сети. Благодаря применению ASIC – чипов с высокой степенью интеграции, полной совместимости аппаратного и программного обеспечения, плоскости управления ASON/GMPLS и специальной конструкции для удобства эксплуатации и технического обслуживания, система MLink-STM16/64 даёт возможность операторам сократить капитальные и операционные расходы.



Рис. 3.3. MLink-STM16/64

Основные функциональные возможности:

- Построение волоконно-оптических сетей связи любой топологии: «звезда», «дерево», «кольцо», «смешанные»;
- Создание разветвленных сетей с простым и легким расширением за счет неблокируемых матриц кросс-коммутации высокой емкости;
- Мониторинг оптических приемо-передатчиков в системе управления MLink-Manager-STM;
- Интеграция в действующие кольцевые и магистральные сети и возможность в ряде случаев отказаться от использования первичных мультиплексоров;
- Использование оптических усилителей (EPFA);
- Модуль для передачи двух оптических потоков с длинами волн 1310нм и 1550нм по двум/одному оптическим волокнам.

Поддерживаемые интерфейсы:

- 1) Линейные интерфейсы: STM-1, STM-4, STM-16, STM-64.
- 2) Пользовательские интерфейсы: FXO/FXS; SDH: STM-1, STM-4, STM-16; PDH: E1, E3; IP/Ethernet: FE и GE (режимы transparent/L2), RPR.



Рис. 3.4. Вид спереди GE31-1.2700F-AC



Рис. 3.5. Вид сзади GE31-1.2700F-AC

Особенности регенератора:

- Устройство имеет два варианта исполнения - под стойку в виде стандартного 19-дюймового блока с высотой 1U и приборный вариант с фланцем для крепления на стене;
- Регенерация от 1 до 3 дуплексных цифровых потоков (от 10 до 2700 Мбит/с) в одном блоке с размером 1U;
- Дистанционное управление и наблюдение за работой устройства и параметрами SFP модуля осуществляется через интерфейс RS-232 (USB) с помощью программы «Control_GE»;
- Индикация и вывод на внешний разъем состояния входных и выходных цифровых потоков;
- Оптический интерфейс выполнен в виде сменного SFP модуля, что дает возможность пользователю менять как оптическую длину волны, так и протяженность рабочей трассы в зависимости от установленного модуля;
- Регенератор можно перевести в симплексный режим работы передачи или приема;
- Возможно обновление программы управления через интерфейс RS-232 (USB);
- Вариант питания оборудования выбирается при заказе, либо от сети переменного напряжения 220В, 50Гц.

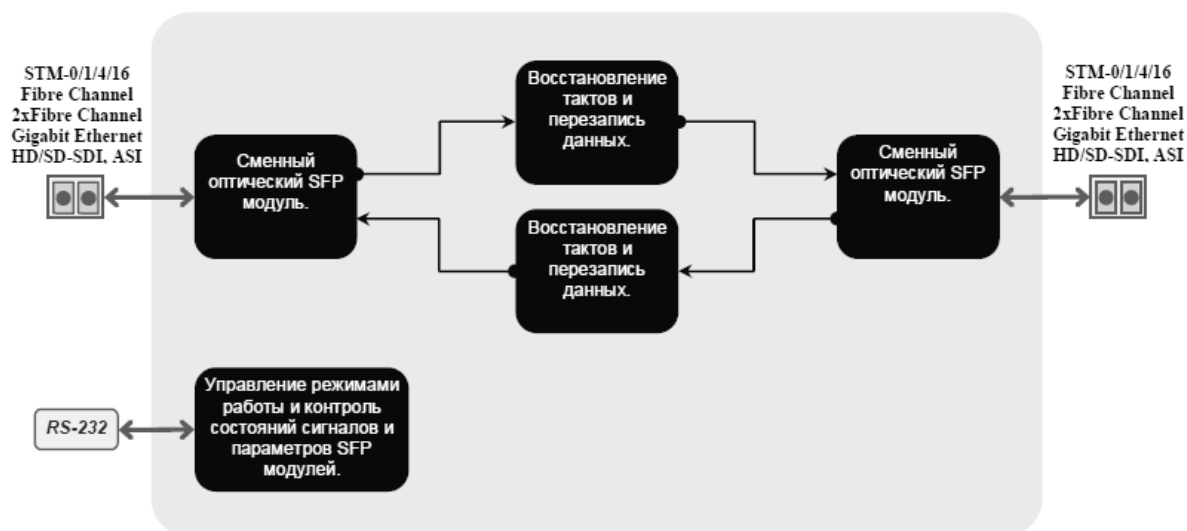


Рис. 3.6. Структурная схема регенератора

Таблица 3.5. Технические характеристики регенератора

Параметры оптического интерфейса	
Максимальная скорость группового потока, Мбит/с	10000
Номинальная длина передаваемой / принимаемой волны, нм	1310 / 1550 *
Тип оптического волокна	одномодовое / многомодовое
Уровень излучаемой мощности передачи, dBm	-4...-10 *
Уровень чувствительности приемника, dBm	-34 *
Уровень перегрузки приемника, dBm	-3 *
Тип разъема входа / выхода	LC / SC
Дополнительный сервис	
Тип разъема интерфейса RS-232 (дистанционное управление)	DB-9M
Тип аварийного разъема	DBH-15F / DBH-26F

Данные параметры определяются установленным SFP модулем, приведенные значения, являются значениями по умолчанию (при необходимости данные параметры могут меняться при заказе оборудования).



Рис. 3.7. Настенный кросс

Таблица 3.6. Технические характеристики

Модель	КР-24
Количество портов	24
Количество вводимых кабелей	4
Габариты корпуса	320х300х80 мм
Тип оптических портов	FC, SC, ST, FC/APC, SC/APC
Масса	2,4 кг.

На рис.3.8 изображена схемы организации магистральной и дорожной сетей (Бухара – Мискен) соответственно. Сеть строится с использованием аппаратуры SDH и PDH. Волоконно-оптические линии магистрального уровня сети резервируются по схеме 1+1; кроме того, дополнительное резервирование осуществляется при помощи аппаратуры HDLSL, а также сети сторонней организации, которая будет представлена подробно далее на примере участка Бухара – Мискен.

Для расшивки каналов ПЦК используются аппаратура ВТК-12 и ОГМ-30Е. Аппаратура ВТК-12 используется на дорожном уровне (между отделениями). Аппаратура ОГМ-30Е используется на магистральном уровне

(между управлениями). Технология HDSL показана для примера на участке дорожном уровне. Технология HDSL используется на расстоянии не более 105км. На дорожном уровне схема организована на аппаратуре MLink-STM16/64. На схеме показаны транзитные и оконечные блоки данной аппаратуры. Транзитный блок MLink-STM16/64 может выделить 16 и 64 потоков E1 при наличии плат AM-35 и AM-33 соответственно. Учитывая это свойство, на транзитных MLink-STM16/64 будем использовать плату AM-35, т.е. предусматриваем выделение 4 потоков E1, первой, второй, третьей или четвертой группы.

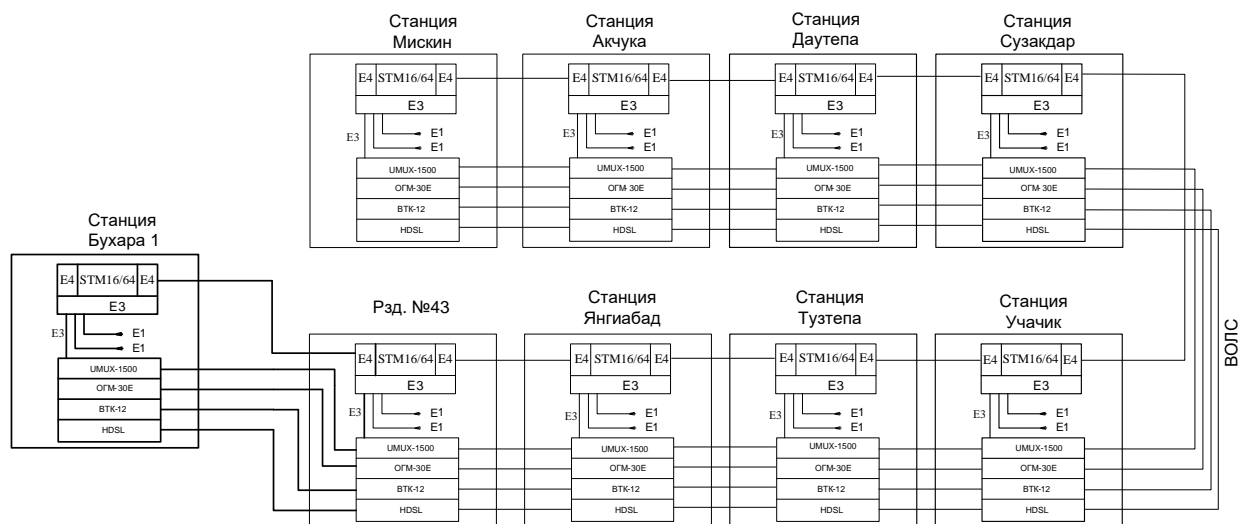


Рис.3.8. Участок Бухара – Мискен

Ввод кабелей производится на оптический кросс, где происходит его расшивка на ОВ. На одном оптическом кроссе может быть расшито не более 32 волокон. При проектировании был использован 16-волоконный ВОК, а следовательно, на каждый оптический кросс заводятся 2 ВОК с разных направлений. С оптического кросса волокна подаются на оптический вход системы передачи.

Общая схема прохождения каналов по ЛАЗ ВОЛС представлена на рис.3.9.

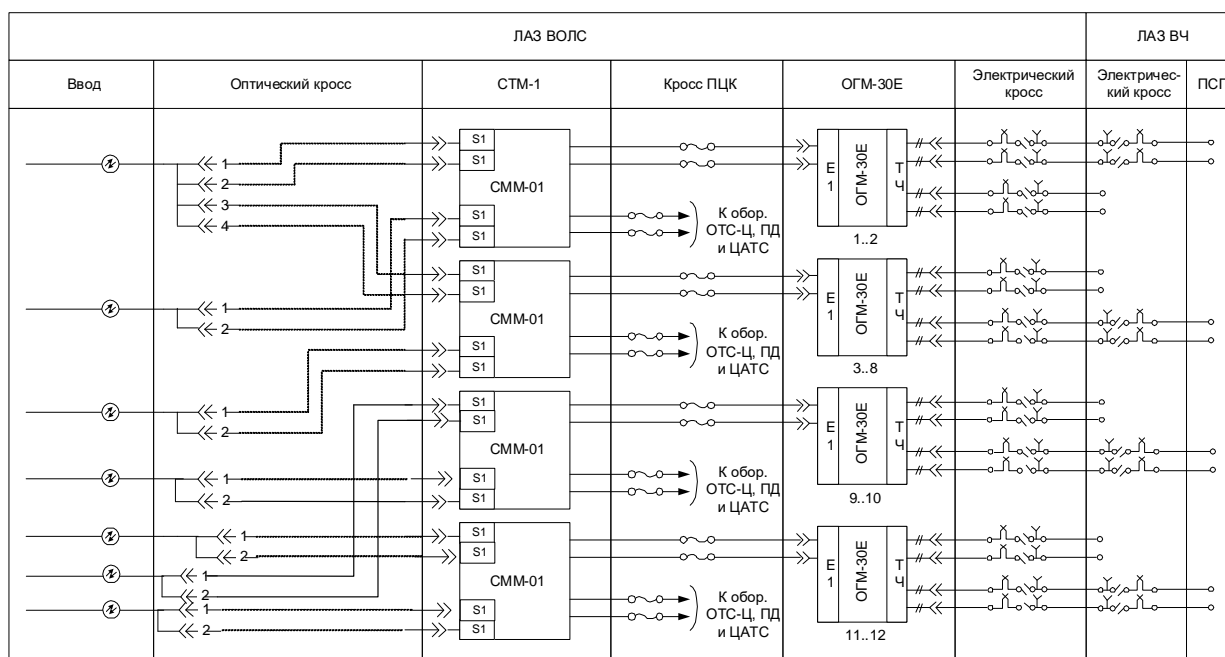


Рис.3.9. Схема прохождения каналов по ЛАЗ ВОЛС

Как было сказано выше, кабель заводится на оптический кросс, где расширяется. ОВ подаются на оптический вход системы передачи. На выходе аппаратуры получаем ПЦК, которые заводятся на электрический кросс ПЦК (ОКС-01-19М). С электрического кросса ПЦК подаются на оборудование ЦАТС, ОТС-Ц или других систем, имеющих интерфейс G.703, и на входы мультиплексоров OGM-30E, производящих преобразование каждого ПЦК в 30 каналов ТЧ, которые затем заводятся на электрический кросс каналов ТЧ (ОКС-01-19А). Для удобства обслуживания каналы ТЧ выведены на электрический кросс ЛАЗа ВЧ и ПСП (промежуточную стойку переключений).

Электрические кроссы, устанавливаемые в ЛАЗ для коммутации сигналов ПЦК, представляют собой стойку-каркас с размещенными на ней панелями для подключения цепей аппаратуры ЦСП. Цепи могут коммутироваться съемными перемычками или шнурами.

Электрические кроссы для коммутации сигналов ТЧ выпускаются в виде стоек-каркасов, на которых крепятся терминальные блоки двух типов: для стационарной и абонентской сторон. Они позволяют коммутировать

сигналы перемичками. Параметры сигналов контролируются измерительными приборами. Указанные кроссы устанавливаются для удобства эксплуатации в ЛАЦ ВОЛС и ЛАЦ ВЧ.

3.2. Применение оптимизированных пассивных элементов на участке Бухара – Мискен

Для магистральных сетей представляет интерес кабели с длиной волны 1,55 мкм, позволяющие реализовать регенерационные участки длиной до 170 км. Учитывая то что, максимальное расстояние между населёнными пунктами составляет 125 км, необходимо выбрать кабель с такими параметрами, при которых можно было бы обойтись без дорогостоящих необслуживаемых регенерационных пунктов.

Выбираем кабель производства фирмы "Siemens" следующего типа:

A D F (ZN) 2Y 4×24 E 9/125 0,36 F 3,5+0,24 H 18LG. Дадим расшифровку буквенных и цифровых обозначений:

A - линейный кабель;

D - модуль многоволоконный, заполненный;

F - гидрофобное заполнение;

ZN - неметаллический усилительный элемент;

2Y - полиэтиленовая оболочка;

4 - количество модулей;

24 - количество волокон в модуле;

E - одномодовое волокно;

9 - диаметр сердечника, мкм;

125 - диаметр оболочки, мкм;

0,36 - коэффициент затухания на длине волны 1,55 мкм, дБ/км;

F - длина волны 1,3 мкм;

3,5 - удельный коэффициент хроматической дисперсии, пс/нм*км, при длине волны 1,3 мкм;

0,24 – коэффициент затухания, дБ/ км, на длине волны 1,55 мкм;

H - длина волны 1,55 мкм;

18 - удельная хроматическая дисперсия, на длине волны 1,55 мкм;

LG - повивная скрутка;

Строительную длину кабеля выбираем равной 6км, для обеспечения минимального затухания на линии.

3.3. Применение оптимизированных мультиплексоров в диспетчерских кругах

На схеме показывается организация колец, образованных каналами E1. Вначале планируются кольца нижнего уровня, а затем - кольцо верхнего уровня. В одно кольцо нижнего уровня в среднем должно входить 8...10 КС. Рекомендуется в одно кольцо включать не более 18 КС. Следует избегать образования колец с числом менее 5. Теперь образуется кольцо верхнего уровня, которое объединяет кольца нижнего уровня. Это кольцо должно проходить через минимальное число КС и к нему должен быть доступ от каждого кольца нижнего уровня. Коммутационные станции, через которые проходит кольцо верхнего уровня, называются мостовыми. Структура колец не зависит от структуры диспетчерских кругов. Любое кольцо должно проходить через КС только один раз.

На рис.3.10 показан пример организации пяти колец нижнего уровня на участках, соответствующих рисунку 1. В коммутационные станции, на которых происходит переход с цифровой сети на аналоговую сеть, включаются каналы ТЧ кругов ПДС, ПРС, ЛПС, СДС и ЭДС (на рис.2 предполагается, что участок от станции В до станции Ж – не электрифицирован и ЭДС на нём не организуется).

На данной схеме показывается организация каналов E1 сети ОТС-Ц с применением плезиохронных и синхронных систем передачи, работающих по волоконно-оптическим кабелям. Каналы E1 предназначены для

образования колец нижнего и верхнего уровней. Каналы Е1 выделяются в пунктах установки коммутационных станций с помощью мультиплексоров первичной сети и подключаются к КС через электрические интерфейсы. Для повышения надежности связи каналы Е1, образующие в первую очередь кольцо верхнего уровня рекомендуется организовать по независимым путям.

В проекте следует самостоятельно запланировать линии передачи магистрального и дорожного уровня. На магистральном уровне используется систему передачи STM4, а на дорожном – STM1 или плезиохронной иерархии. Линия передачи магистрального уровня организуется на участках, относящихся к магистрали. Мультиплексоры STM4 устанавливаются только в Управлении и в отделениях дороги. На дорожном уровне линии передачи должны охватывать все участки цифровой сети. Мультиплексоры смежных ж.д. станций соединяются волоконно-оптическим кабелем.

На рис.3.3 приведён пример схемы организации каналов Е1 сети ОТС-Ц на участках. На дорожном уровне на всех ж.д. станциях устанавливаются мультиплексоры STM1. Образованы четыре линии передачи STM1: А-Б-В-Г; Д-В-Е; А-З-И-Л и И-М-Н, причём первые две линии продолжаются на других участках. Мультиплексоры магистрального уровня находятся на ст. А и В и являются частью линии передачи, уходящей влево за ст.А и вправо за ст.В. В соответствии с запланированными ранее кольцами (см.рис.2) показывается прохождение каналов Е1 внутри линий передачи, их выделение в местах подключения к КС и транзитные соединения между мультиплексорами. На схеме приводится нумерация колец, аналогичная предыдущей схеме (см.рис.3.2). Также делается нумерация каналов Е1, включаемых в КС мостовых станций (например на ст. А – номера от 1 до 6). Аналогично рисунку 2, на схеме показывается включение в коммутационные станции групповых каналов ТЧ ПДС, ПРС, СДС, ЛПС и ЭДС (ст. Е и И).

На схеме показываются диспетчерские круги ПДС, ПРС, СДС, ЛПС и ЭДС. За каждым диспетчерским кругом внутри каналов Е1, образующих кольца нижнего и верхнего уровней, закрепляется один канальный интервал

(КИ). Можно использовать любые каналные интервалы кроме КИ0 и КИ16, причём номера каналных интервалов в кольцах нижнего и верхнего уровня могут не совпадать.

Для каждого круга диспетчерской связи показываются места нахождения пульта диспетчера и исполнительных устройств. Обозначение пультов и исполнительных устройств показано на рис.4. Тип исполнительного устройства зависит от диспетчерской связи: ПДС – ПОС-И и БМ с ТА-М; ПРС – Р/ст; ЭДС, СДС и ЛПС – ТА-Т. Одно исполнительное устройство показывается на требуемой ж.д. станции одной точкой на пересечении соответствующего группового канала. В виде точки также показывается подключение одного канала ТЧ, служащего для ответвления диспетчерского круга.

На рис.3.11 показана организация: по четыре круга ПДС и ПРС, по три круга ЭДС и ЛПС, два круга СДС. Каждому кругу соответствует каналный интервал. Допускается для кругов ПДС и ПРС два каналных интервала обозначать одной линией с указанием кругов и номеров КИ, например: ПДС1/ПРС1 КИ13/18.

В пояснительной записке приводится подробная конфигурация диспетчерских кругов по форме, приведённой ниже для рассматриваемого примера (рис.3.11). Также делается нумерация каналов Е1, включаемых в КС мостовых станций (например на ст. А – номера от 1 до 6). Аналогично рисунку 2, на схеме показывается включение в коммутационные станции групповых каналов ТЧ ПДС, ПРС, СДС, ЛПС и ЭДС (ст. Е и И). На схеме показываются диспетчерские круги ПДС, ПРС, СДС, ЛПС и ЭДС.

За каждым диспетчерским кругом внутри каналов Е1, образующих кольца нижнего и верхнего уровней, закрепляется один каналный интервал (КИ). Можно использовать любые каналные интервалы кроме КИ0 и КИ16, причём номера каналных интервалов в кольцах нижнего и верхнего уровня могут не совпадать.

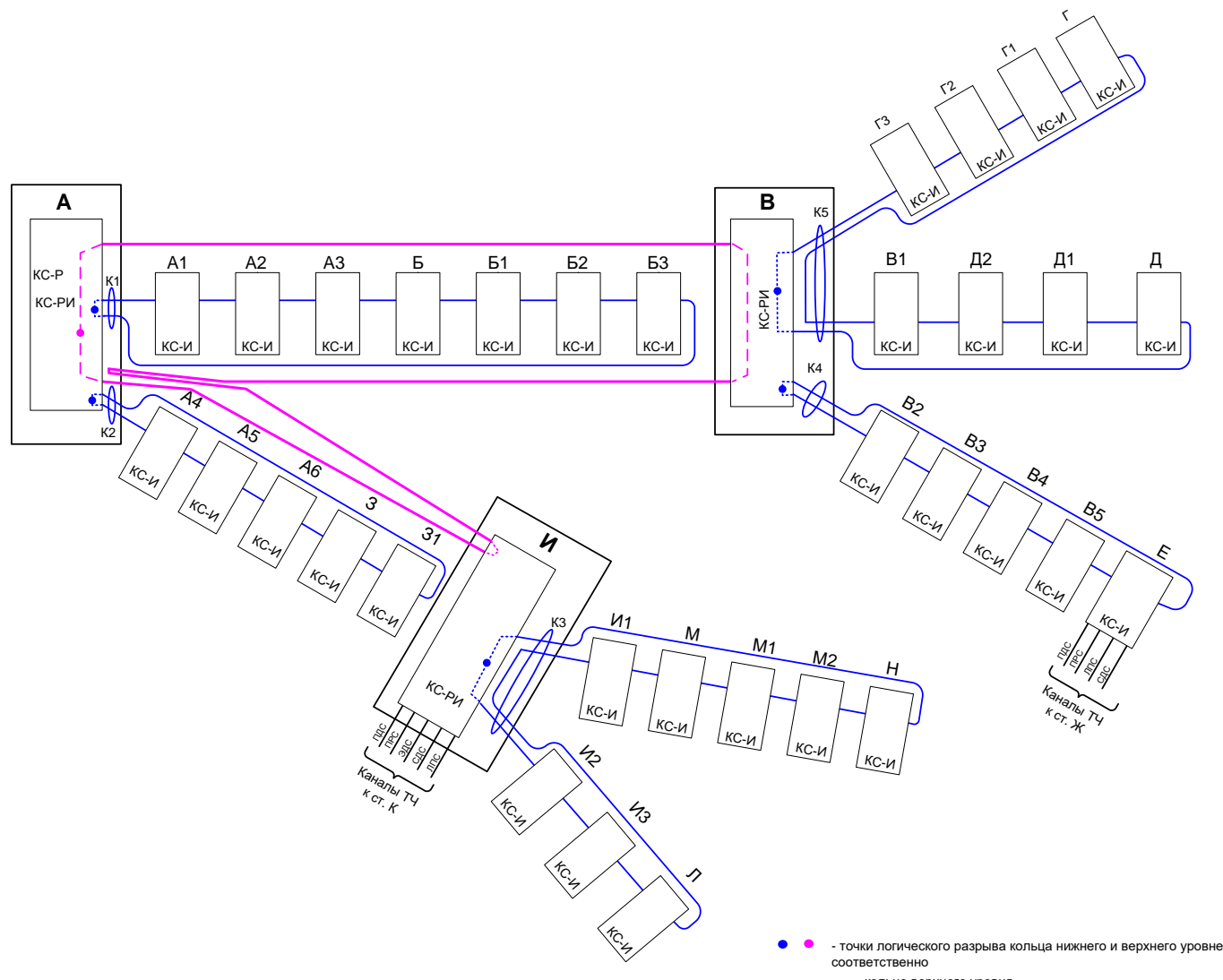


Рис.3.10. Схема организации колец нижнего и верхнего уровней

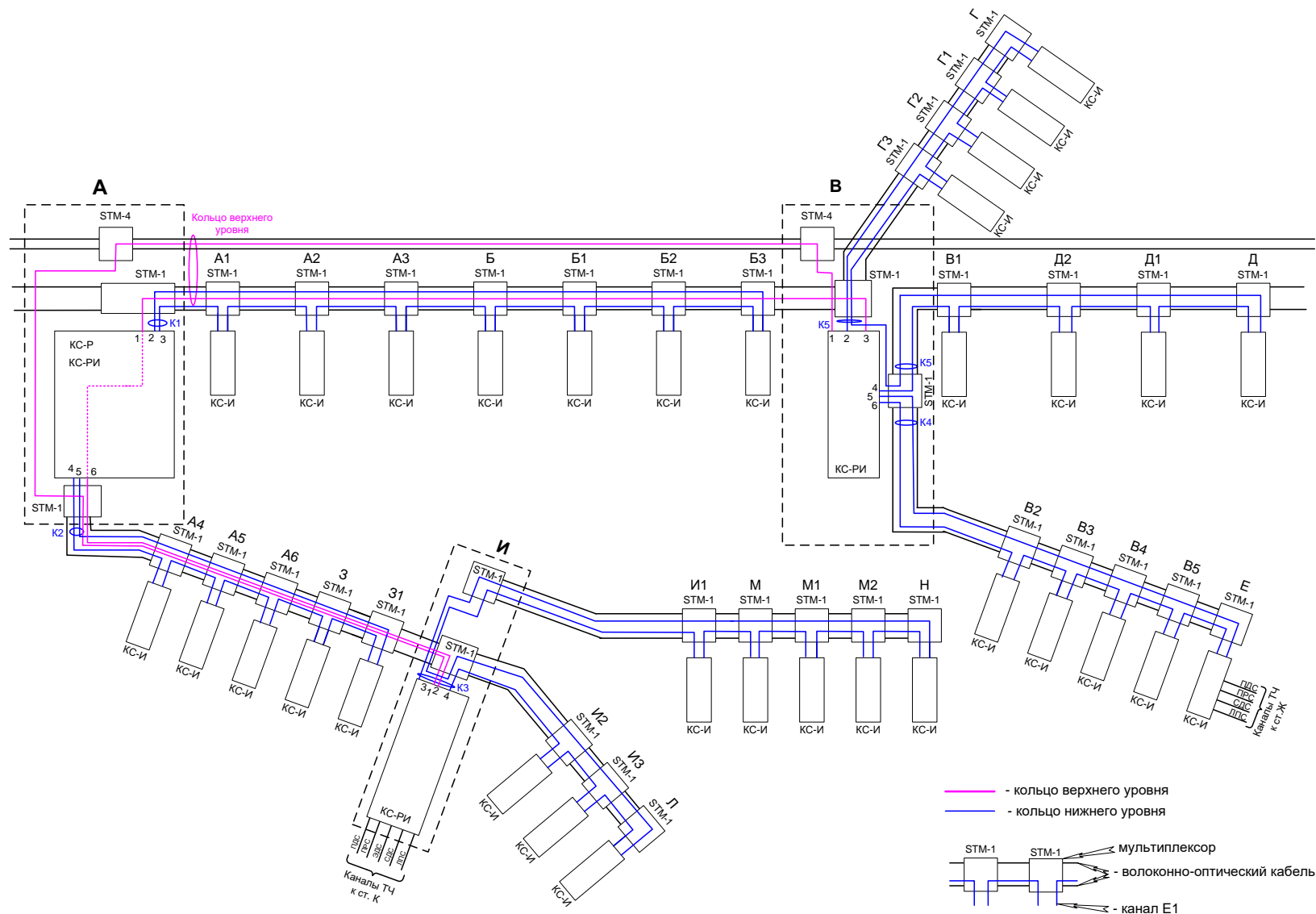


Рис.3.11. Схема организации каналов E1 сети ОТС-Ц с помощью мультиплексоров первичной сети

Для каждого круга диспетчерской связи показываются места нахождения пульта диспетчера и исполнительных устройств. Обозначение пультов и исполнительных устройств показано на рис.4. Тип исполнительного устройства зависит от диспетчерской связи: ПДС – ПОС-И и БМ с ТА-М; ПРС – Р/ст; ЭДС, СДС и ЛПС – ТА-Т. Одно исполнительное устройство показывается на требуемой ж.д. станции одной точкой на пересечении соответствующего группового канала. В виде точки также показывается подключение одного канала ТЧ, служащего для ответвления диспетчерского круга.

На рис.12 показана организация: по четыре круга ПДС и ПРС, по три круга ЭДС и ЛПС, два круга СДС. Каждому кругу соответствует каналный интервал. Допускается для кругов ПДС и ПРС два каналных интервала обозначать одной линией с указанием кругов и номеров КИ, например: ПДС1/ПРС1 КИ13/18.

В пояснительной записке приводится подробная конфигурация диспетчерских кругов по форме, приведённой ниже для рассматриваемого примера (см.рис.3.12):

ПДС1: А-А1-А2-А3-Б-Б1-Б2-Б3; Г3-Г2-Г1-Г

ПДС2: Д-Д1-Д2-В-В2-В3-В4-В5-Е

ПДС3: А4-А5-А6-З-З1; К-К1-К2-К3

ПДС4: Н-М2-М1-М-И-И2-И3-Л

ЭДС1: А-А1-А2-А3-Б-Б1-Б2-Б3; А-А4-А5-А6-З-З1

ЭДС2: И-И1-М-М1-М2-Н; И-И2-И3-Л; И-К3-К2-К1-К

ЭДС3: В-Г3-Г2-Г1; В-В1-Д2-Д1-Д

СДС1: А-А1-А2-А3-Б-Б1-Б2-Б3; А-А4-А5-А6-З-З1;

И-И1-М-М1-М2-Н; И-И2-И3-Л; И-К3-К2-К1-К

СДС2: В-Г3-Г2-Г1; В-В1-Д2-Д1-Д; В-В2-В3-В4-В5-Е-Е1-Е2-Ж

ЛПС1: А-А1-А2-А3-Б-Б1-Б2-Б3; А-А4-А5-А6-З-З1

ЛПС2: И-И1-М-М1-М2-Н; И-И2-И3-Л; И-К3-К2-К1-К

ЛПС3: В-Г3-Г2-Г1; В-В1-Д2-Д1-Д; В-В2-В3-В4-В5-Е-Е1-Е2-Ж

На схеме диспетчерских кругов указываются номера каналов Е1 в соответствии со схемой организации каналов Е1 (рис.3.11).

Нумерация делается для всех абонентских устройств заданных участков за исключением участков с АСП. Номер абонентского устройства состоит из номеров кольца нижнего уровня, ж.д. станции внутри кольца и номера внутри ж.д. станции.

Вначале задаются двузначные номера колец нижнего уровня, в которых вторая цифра может принимать значения от 1 до 9. Если на заданных участках колец не более 9, то первая цифра номера одинаковая для всех колец. В противном случае каждому множеству из девяти и менее колец присваивается своя первая цифра. Затем внутри кольца для каждой ж.д. станции задаётся номер, состоящий из номера кольца и дополнительной одной (если в кольцо включено не более 10-ти ж.д. станций) или двух цифр.

Для каждой ж.д. станции определяется количество абонентских устройств ОТС, которое делится на две составляющие: для диспетчерской и станционной распорядительной связи (СРТС).

К абонентским устройствам диспетчерской связи относятся: пульта диспетчеров ПОС-Р; исполнительные пульта ПОС-И; аналоговые телефонные аппараты с тангентами – ТА-Г, устанавливаемые у исполнительных абонентов диспетчерской связи; стационарные радиостанции поездной радиосвязи Р/ст. Требуемое количество абонентских устройств диспетчерской связи было определено ранее. Каждому абонентскому устройству диспетчерской связи, за исключением устройств ДСП, присваивается один номер. Пульта ПОС-И и мобильному телефону ТА-М дежурного по станции присваивается один общий номер.

Количество абонентов СРТС можно принять исходя из следующих рекомендаций: для ЕДЦУ и Управления дороги – диспетчеры ПДС, ЭДС, СДС и ЛПС; ДСП и исполнительные абоненты ЭДС, СДС и ЛПС; 4...8 иных руководителей и 25...45 иных исполнительных абонентов; для отделения дороги и крупной ж.д. станции – диспетчеры ЭДС, СДС и ЛПС; ДСП и

исполнительные абоненты ЭДС, СДС и ЛПС; 1...3 иных руководителя и 10...25 иных исполнительных абонентов; для промежуточных станций.

При этом диспетчеры и дежурные по станциям входят в обе группы абонентов. Поскольку пульт диспетчера по одному из каналов В постоянно подключён к групповому каналу, за его пультом следует закрепить два номера – для диспетчерской связи и СРТС. Для пульта ДСП можно закрепить один номер.

Номера следует присвоить для МЖС и ПГС. За МЖС закрепляются два номера – один для соединения по физической цепи, другой для соединения по выделенному канальному интервалу внутри канала Е1. Для ПГС номер присваивается на случай организации связи с местом аварии.

Количество номеров для одной ж.д. станции может быть определено по следующей формуле:

$$N = K_{\text{участ.}} + K_{\text{станц.}},$$

где: $K_{\text{участ.}}$ – число абонентских устройств диспетчерской, межстанционной и перегонной связи.

$K_{\text{станц.}}$ – число абонентских устройств внутри станции за исключением тех, что вошли в число $K_{\text{участ.}}$;

$$K_{\text{участ.}} = 2 * K_{\text{дисп.}} + K_{\text{ПРС-Р}} + K_{\text{ПРС-И}} + K_{\text{ДСП}} + K_{\text{испол}} + 2 * K_{\text{МЖС}} + K_{\text{ПГС}}$$

где: $K_{\text{дисп.}}$ – число диспетчеров; $K_{\text{ПРС-Р}}$ – число пультов ПРС (только для ЕДЦУ); $K_{\text{ПРС-И}}$ – число стационарных радиостанций ПРС на станции ($K_{\text{ПРС-И}} = 1$); $K_{\text{ДСП}}$ – число ДСП на станции (в большинстве случаев $K_{\text{ДСП}} = 1$); $K_{\text{испол}}$ – число исполнительных абонентов ЭДС, СДС и ЛПС; $K_{\text{МЖС}}$ – число линий МЖС, включаемых в КС; $K_{\text{ПГС}}$ – число линий ПГС, включаемых в КС.

$$K_{\text{станц.}} = K_{\text{СРТС-Р}} + K_{\text{СРТС-И}},$$

где: $K_{\text{СРТС-Р}}$ – число руководителей СРТС, кроме диспетчеров и ДСП (иные руководители); $K_{\text{СРТС-И}}$ – число исполнительных абонентов СРТС, кроме исполнительных абонентов ЭДС, СДС и ЛПС (иные исполнительные абоненты).

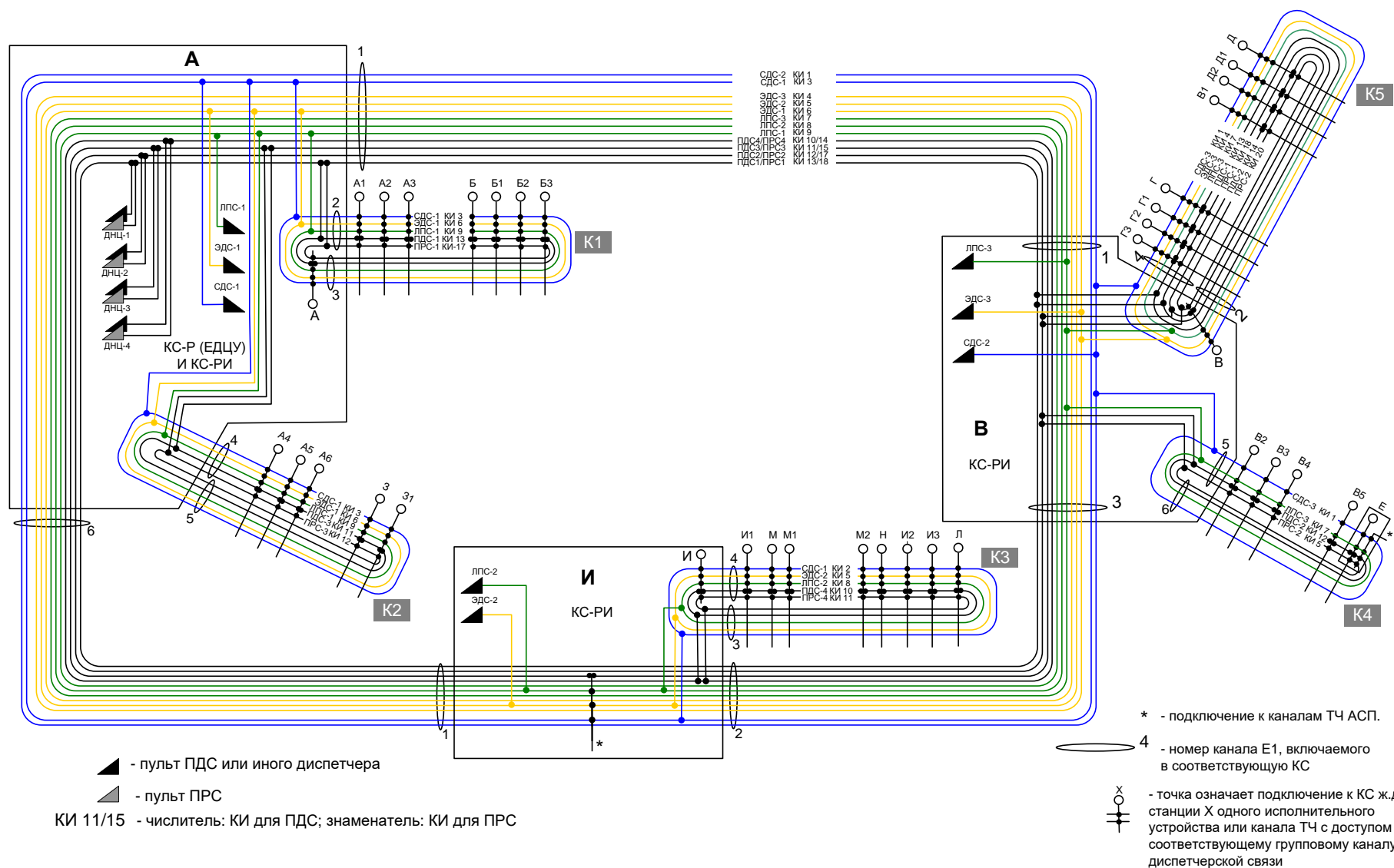


Рис.3.12. Структура диспетчерских кругов

Внутри каждой ж.д. станции, должна быть предусмотрена сокращенная нумерация для всех абонентских устройств, кроме радиостанций ПРС. Сокращенные номера состоят из двух или трех последних цифр полного номера абонентских устройств. Например, для ж.д. станции А1 (см.таблицу 1) используются следующие сокращенные номера: 31...45.

Нумерация для групп абонентов делается только для кругов поездной диспетчерской связи.

Для каждого круга ПДС задаётся количество групп абонентов, число которых рекомендуется принимать от двух до четырёх. В группу обычно входят ДСП, находящиеся на ж.д.станциях одного участка. Число ДСП в одной группе варьируется от 2 до 10.

У каждой ж.д. станции записывается абонентский номер, присвоенный для данного ДСП (например, А2 (21331)). Этот номер берётся в соответствии с номерами. Далее для каждой группы задаётся групповой номер, служащий для вызова всех абонентов данной группы. Такой номер состоит из четырёх цифр. Первая (старшая) цифра должна совпадать с первой цифрой номеров колец нижнего уровня. Вторая цифра должна быть равна нулю, что указывает на групповой номер. Предпоследняя цифра является номером круга ПДС, а последняя – номером группы абонентов в этом круге.

Выводы к третьей главе

1. Предложена структурная схема первичной сети Бухара-Мискен.
2. Модернизация связи Бухара-Мискен предусматривает развертывание интегрированной системы железнодорожной сети на базе цифровой и ВОСП.
3. Произведен выбор оборудования на участке Бухара-Мискен на основе оптимизированных элементов.
4. Разработана схема организации колец нижнего и верхнего уровней сети Бухара-Мискен и структура диспетчерских кругов.
5. Для организации сети использовалось оборудование « Микролинк связь » и фирмы Lucent Technologies.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе исследований в диссертационной работе можно сделать заключение.

1. Решена оптимизированная задача на основе математической модели исследуемого объекта.
2. Доказана, что эффективность метода оптимизации зависит от математического анализа, линейной алгебры логики и функционального анализа.
3. Разработаны методы оптимизации активных, пассивных элементов и мультиплексоров.
4. Разработана схема организации колец нижнего и верхнего уровней сети Бухара-Мискен и структура диспетчерских кругов.
5. Произведен выбор оборудования на участке Бухара-Мискен на основе оптимизированных элементов фирм «Микролинк связь» и «Lucent Technologies».

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Указ Президента Республики Узбекистан №УП-4947 от 7 февраля 2017 года «О Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан».
2. Иванов А.Б. Контроль соответствия в телекоммуникациях и связи. Часть 1. - М.: Сайрус Системс, 2000. –376 с.
3. Шмалько А.В. Планирование и построение современных цифровых корпоративных сетей связи. – Вестник связи, 2000, №4, с. 58-65.
4. Шмалько А.В. Построение современных цифровых сетей связи: основные понятия, принципы и вопросы терминологии. – ВКСС. Connect! 2000, №2, с. 61-69.
5. Шмалько А.В., Сабинин Н.К. ВОЛС на воздушных линиях электропередачи. - ВКСС. Connect! 2000, №3, с. 50-62.
6. Симичев Н.И., Ермашов А.А., Шмалько А.В. Единая информационная сеть связи АО “Мосэнерго”. Рубежи и перспективы. - ИнформКурьер-Связь, 2000, №11, с. 47-50.
7. Правила проектирования, строительства и эксплуатации волоконно-оптических линий связи на воздушных линиях электропередачи напряжением 110 кВ и выше. – М.: РАО “ЕЭС России”, 1999. –108 с.
8. Волоконно-оптическая техника; история, достижения, перспективы // Сб. статей под ред. Дмитриева С.А., Слепова Н.Н. – М.: Изд. Connect, 2000. - 376 с.
9. Родомиров Л., Скопин Ю.Г., Иванов А.Б. Методы и оборудование удаленного тестирования ВОЛС. - Вестник связи, 1998, №5, с. 64-71.
10. Некрасов С. Е. Системы дистанционного мониторинга оптических кабелей. – Технологии и средства связи, 2000, №5, с. 28-32.
11. Robert Pease, “DWDM presses for continuous improvement in OSAs”, Lightwave, August 2000, p.198-200.

12. Информация с Web-сервера компании Hewlett-Packard, <http://www.hp.com>.
13. Информация с Web-сервера компании Wavetek Wandel & Goltermann, <http://www.fiberoptics.wwg solutions.com>.
14. Информация с Web-сервера компании EXFO, <http://www.exfo.com>
15. Информация с Web-сервера компании GN Nettest, <http://www.gnnettest.com>.
16. Ершов В.А., Кузнецов П.А. Мультисервисные телекоммуникационные сети. – М.: Издательство МГТУ им. П.Э. Баумана, 2003. – 432.
17. Штермер. Теория телетрафика. Перевод с немецкого Г.П. Башарина.
18. Лебединский А.К., Павловский А.А., Юркин Ю.В. Системы телефонной коммутации: Учебник для техникумов ж. д. транспорта. – М: 2003 – 496с.
19. Информация с сайта www.iskratel.ru.
20. Лебединский А.К., Павловский А.А., Юркин Ю.В. Автоматическая телефонная связь на ж. д. транспорта. – М: 2008 – 531с.

ПРИЛОЖЕНИЕ