

ТЕМА: «Исследование надежности аппаратуры синхронной цифровой иерархии на магистральной сети Республики Узбекистан»

**Выполнил: Мухаммадиев Ш.
Научный руководитель: Рахматов К.**

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
Глава 1. Анализ эксплуатационной надежности сетей телекоммуникации на базе аппаратуры синхронной цифровой иерархии.....	10
1 Особенности построения аппаратуры синхронной цифровой иерархии..	11
1.1. Сетевая транспортная модель систем СЦИ.....	12
1.2. Функциональные модули реальных сетей СЦИ.....	13
1.3. Типы и задачи функциональных модулей сетей СЦИ.....	14
1.4. Базовые топологии реальных сетей СЦИ.....	16
2. Синхронные цифровые сети Республики Узбекистан.....	17
3. Основные показатели надежности.....	19
4. Количественные показатели надежности.....	24
4.1. Расчёт надёжности при проектировании и эксплуатации СЦИ.....	28
4.2. Определение показателей надежности СП по эксплуатационным данным.....	32
Глава 2. Методы обеспечения проектной надежности в условиях эксплуатации.....	35
1. Исследование эксплуатационной надежности.....	35
2. Анализ результатов исследования.....	37
3. Расчет надежности аппаратуры СЦИ.....	40
3.1. Исходные данные и основные расчетные соотношения.....	40
3.2. Методика инженерного расчета.....	43
3.3. Расчет эксплуатационной надежности магистральной сети Республики Узбекистан.....	45
ГЛАВА 3. Повышение эксплуатационной надежности СЦИ.....	49
1. Предложения по повышению надежности СЦИ.....	49
2. Методы повышения надежности сети в процессе эксплуатации.....	51
3. Методика повышения надежности СЦИ.....	52

	4
3.1. Контроль надежности оптических кабелей.....	54
4. Методы обеспечения надежности ВОСП.....	55
ГЛАВА 4. Техника безопасности и охраны труда.....	60
Заключение.....	70
Литература.....	77

ВВЕДЕНИЕ

Современный этап развития любого государства в первую очередь характеризуется уровнем развития телекоммуникационной инфраструктуры. Поскольку эта инфраструктура обеспечивает обмен и доступ к информационным ресурсам, что позволяет оперативно решать задачи, возникающие в производственных процессах и повседневной деятельности.

В свою очередь развитие телекоммуникационных сетей и информационных систем характеризуется широкой информационной интеграцией. Существенное расширение спектра запрашиваемых пользователями услуг и требование заданного качества обслуживания обусловило необходимость перехода к интегрированной передаче и коммутации различных видов информации, включая речь, качественные видеоданные, графическую и высококачественную аудиоинформацию в рамках единой цифровой сети с интеграцией служб. Процессы либерализации в мировой телекоммуникационной системе сопровождаются не только интеграцией национальных телекоммуникационных систем, но и внутринациональной конвергенцией телекоммуникаций и информатизации сложных информационных технологий. В Узбекистане, где успешно идут процессы приватизации и институциональных преобразований, в телекоммуникационной отрасли также идет этап активных рыночных изменений.

Количество информации передаваемой через информационно - телекоммуникационную структуру, удваивается каждые 2-3 года. Появляются и успешно развиваются новые отрасли информационной индустрии, существенно возрастает информационная составляющая экономической активности субъектов рынка и влияние информационных технологий на научно-технический, интеллектуальный потенциал и здоровье нации. Начало XXI века рассматривается как эра информационного общества, требующего для своего эффективного развития создания глобальной информационно – телекоммуникационной инфраструктуры, темпы развития

которой должны быть опережающими по отношению к темпам развития экономики в целом.

До 1995 года телекоммуникационная сеть Республика Узбекистан была построена, в основном, с использованием аналоговых систем передачи и аналоговых систем коммутации. Что не отвечало требованиям времени, и не могло сочетаться с общемировой тенденцией глобализации информационных ресурсов, путем интеграции национальных сетей связи в международную инфокоммуникационную сеть. В связи с этим в 1995 году началось реформирование отрасли связи РУз, чтобы обеспечить такую интеграцию. С этой целью Кабинет Министров РУз 1 августа 1995 года принял «Национальную программу реконструкции и развития телекоммуникационной сети Республики Узбекистан на период до 2010 года». Результатами выполнения которой стали следующие достижения:

- организованы прямые международные каналы на Китай, Германию, Турцию, Россию, Казахстан и Туркменистан (Транс-Азиатско-Европейская волоконно – оптическая линия связи);
- до всех областных и 51 районного центров доведены цифровые каналы, введены в эксплуатацию внутризоновые и магистральные ВОЛС, магистральные цифровые РРЛ, обеспечено автоматическое резервирование международных и междугородных цифровых каналов;
- увеличена протяженность ВОЛС на городских сетях телекоммуникаций;
- 12 областных центров оснащены современными цифровыми автоматическими междугородными телефонными станциями (АМТС);
- в общем случае разветвленная сеть магистральных и внутризоновых линий связи организованная на волоконно – оптическом кабеле - 80.3 %, по радиорелейным линиям – 15.4 %, на медном кабеле - 4.9 % и 0.62 % по воздушным линиям связи, уровень цифровизации АМТС и АТС достиг 100 % и 98.3 % соответственно.

К 2013 году пропускная способность международного выхода республики на сеть Интернет составит не менее 7780 Мбит/с, а также

создана высокоскоростная транспортная магистраль передачи данных на уровне республиканский центр – областные центры на начальном этапе, и в последующем на уровне областные центры – районные центры.

Цифровизация отрасли связи РУз является первым шагом на пути к внедрению современных технологий связи, отвечающих требованиям времени и позволяющим Узбекистану безболезненно интегрироваться в международную инфокоммуникационную сеть. Результаты развития данной отрасли в нашей Республике таковы, что уже сейчас перед нами встает вопрос о типах технологий которые необходимо внедрять на сетях РУз для того, чтобы удовлетворить возрастающие потребности пользователей в сетевых услугах.

Современный этап развития отрасли характеризуется динамичным развитием средств передачи информации, внедрением новых телекоммуникационных технологий, сопровождаемых увеличением пропускной способности организуемых на сети каналов и трактов , а также ужесточением требований к качеству их функционирования и предоставляемых услуг. Сегодня одной из основных задач при технической эксплуатации сетей связи является обеспечение этих требований.[3]

Технология синхронной цифровой иерархии (СЦИ) позволяет создавать надежные транспортные сети и гибко формировать цифровые каналы в широком диапазоне скоростей - от нескольких Мегабит до десятков Гигабит в секунду. Основная область ее применения- первичные сети операторов связи. Мультиплексоры СЦИ с волоконно – оптическими линиями связи между ними образуют среду, в которой администратор сети СЦИ организует цифровые каналы между точками подключения абонентского оборудования или оборудования вторичных (наложенных) сетей и сетей самого оператора – телефонных сетей и сетей передачи данных. Технология СЦИ находит также спрос в крупных корпоративных и ведомственных сетях, когда имеются технические и экономические

предпосылки создания собственной инфраструктуры цифровых каналов, например в сетях предприятий энергетического комплекса или железнодорожных компаний.[5]

На сегодняшний день становится более актуальной задача надежности работы этих сетей. Комплексный анализ процесса повышения эксплуатационной надежности позволяет сделать вывод и сформулировать ряд предложений практического характера, устойчивых и стабильно, с целью повышения надежности сети.

В целях повышения эксплуатационной надежности необходима уделить внимание следующим аспектам :

- ◆ Построение СЦИ необходимо осуществлять на оборудовании одного производителя, что приведет к отсутствию проблем связанных с сопряжением оборудования, при этом необходима учитывать дальнейшую перспективу развития сетей;
- ◆ При построении сети необходимо уделить особое внимание ее архитектуре с целью увеличения ее отказоустойчивости;
- ◆ Реализацию сети синхронизации необходимо осуществлять по многоуровневой схеме, с учетом размещения первичных, вторичных и третичных источников синхронизации;
- ◆ Необходимо внедрение общей системы управления сетью всей республики, поскольку реализация системы управления позволит уменьшить время простоя трактов ВОСП, а следовательно увеличить их эксплуатационную надежность.

Актуальность темы. Развитие телекоммуникационной индустрии приводит к внедрению в эксплуатацию новых технологий. На сегодняшний день задача внедрения синхронной цифровой иерархии на магистральную сеть Республики Узбекистан становится более актуальной. Одно из принципиальных требований, предъявляемых к современным информационным системам, требование их надежности. Поэтому были

разработаны альтернативные методы исследования надежности систем, определившие направление исследования. В соответствии с этими методами исследуемая система рассматривается как система с несколькими уровнями надежности.

Цель и задачи работы. Целью данной работы является исследование надежности аппаратуры синхронной цифровой иерархии и разработка принципов построения надежной сети телекоммуникации на база аппаратура СЦИ, а также оценка надежности аппаратуры СЦИ на магистральной сети Узбекистана.

Для этого необходимо решение ряда задач:

- Представление построения аппаратуры СЦИ.
- Определение основных показателей аппаратуры СЦИ.
- Определение факторов влияющих на надежность аппаратуры СЦИ.
- Оценить надежность аппаратуры СЦИ на магистральной сети Узбекистана.
- Разработать методику повышения надежности сети .

В свете выше сказанного целью диссертации была исследования эксплуатационной надежности СЦИ внедренных на сетях Республики. Были разработаны предложения по повышению эксплуатационной надежности , которое нашли отражение в данной диссертации.

В соответствии с поставленной целью определены следующие задачи исследования :

- ◆ Комплексный анализ вопросов технической эксплуатации СЦИ;
- ◆ Определения методики исследования и анализа эксплуатационной надежности ;
- ◆ Исследования эксплуатационной надежности составных компонентов аппаратура СЦИ;
- ◆ Рассмотрение вопросов повышение эксплуатационной надежности.

Содержание работы.

В первой главе рассматриваются сети телекоммуникации на базе аппаратуры СЦИ. Рассматриваются особенности построения аппаратуры СЦИ, ее достоинства и недостатки, а также области применения технологии СЦИ. В главе приведены магистральные сети Республики Узбекистан. Дано построение сети ТАЕ ВОЛС в некоторых точках Узбекистана, также приведен обзор о построении магистральной сети Узбекистана на базе аппаратуры СЦИ. В главе указаны показатели надежности, также дано понятие о расчете надежности. Кроме этого приведено определение показателей надежности по эксплуатационным данным.

Во - второй главе рассмотрены методы обеспечения проектной надежности в условиях эксплуатации. Детально рассмотрены надежности элементов аппаратуры СЦИ по отдельности, приведены достоинства и недостатки. Кроме этого приведен расчет показателей надежности на магистральной сети Республики Узбекистан. Проанализированы результаты исследования, определены основные факторы влияющие на надежность сети и приведены причины их возникновения. Приведен сравнительный анализ определенного периода по статистическим данным.

В - третьей главе рассмотрена надежность аппаратуры СЦИ на магистральной сети Узбекистан и приведены методы повышения эксплуатационной надежности сети. Также сделаны выводы по расчетам показателей эксплуатационной надежности и по анализам факторов влияющих на надежность аппаратуры СЦИ на магистральной сети Республики Узбекистан. Приведена методика повышения надежности магистральной сети и приведены выводы.

ГЛАВА 1. Анализ эксплуатационной надежности сетей на базе аппаратуры синхронной цифровой иерархии

1. Особенности построения аппаратуры синхронной цифровой иерархии

Каналы синхронной цифровой иерархии (СЦИ) относятся к классу полупостоянных - формирование канала происходит по инициативе оператора сети СЦИ, пользователи же лишены такой возможности, поэтому такие каналы обычно применяются для передачи достаточно устойчивых во времени потоков. Из-за полупостоянного характера соединений в технологии СЦИ чаще используется термин «кросс-коннект», а не коммутация.

Сети СЦИ относятся к классу сетей с коммутацией каналов на базе синхронного мультиплексирования с разделением по времени (TDM), при котором адресация информации от отдельных абонентов определяется ее относительным временным положением внутри составного кадра, а не явным адресом, как это происходит в сетях с коммутацией пакетов.

С помощью каналов СЦИ обычно объединяют большое количество периферийных (и менее скоростных) каналов плезиохронной цифровой иерархии (ПЦИ).[1]

Сети СЦИ обладают многими достоинствами. Назовем главные среди них.

- Гибкая иерархическая схема мультиплексирования цифровых потоков разных скоростей позволяет вводить в магистральный канал и выводить из него пользовательскую информацию любого поддерживаемого технологией уровня скорости без демуплексирования потока в целом - а это означает не только гибкость, но и экономию оборудования разных производителей
- Отказоустойчивость сети. Сети СЦИ обладают высокой степенью «Живучести» - технология предусматривает автоматическую реакцию оборудования на такие типичные отказы, как обрыв кабеля, выход из

строю порта, мультиплексора или отдельной его карты, при этом трафик направляется по резервному пути или происходит быстрый переход на резервный модуль. Переключения на резервный путь осуществляется обычно в течение 50 мс.

- Мониторинг и управление сетью на основе включаемой в заголовки кадров информации обеспечивают обязательный уровень управляемости сети вне зависимости от производителя оборудования и создаёт основу для наращивания административных функций в системах управления производителями оборудования СЦИ.
- Высокое качество транспортного обслуживания для трафика любого типа – голосового, видео и компьютерного. Лежащее в основе СЦИ мультиплексирование (TDM) обеспечивает трафику каждого абонента гарантированную пропускную способность а также низкий и фиксированный уровень задержек.

Сети СЦИ заняли прочное положение в телекоммуникационном мире. Сегодня они составляют фундамент практически всех крупных сетей - региональных, национальных и международных. Это положение еще более укрепилось в результате появления технологии спектрального мультиплексирования DWDM, поскольку сети СЦИ могут легко интегрироваться с этим новым типом оптических магистралей с поддержкой очень высоких скоростей в сотни Гигабит в секунду. В магистральных сетях с ядром DWDM сети СЦИ будут играть роль сети доступа, выполнять те же функции, которые сети ПЦИ играют по отношению к СЦИ.

Технологии СЦИ свойственны и недостатки. Сегодня чаще всего говорят о ее неспособности динамически перераспределять пропускную способность между абонентами сети – свойстве, обеспечиваемом пакетными сетями. Значимость этого недостатка будет возрастать по мере увеличения доли и ценности трафика данных по отношению к стандартному голосовому.

1.1. Сетевая транспортная модель систем СЦИ

Многоуровневая *транспортная сетевая модель* в простейшем случае может быть представлена как трехуровневая модель, содержащая три класса сетевых уровней:

3 - *уровень цепей*, обеспечивающий пользователю телекоммуникационные сервисы коммутируемых цепей, пакетной коммутации и выделенных линий;

2 - *маршрутный уровень*, обеспечивающий пользователю в рамках технологии СЦИ два типа сетевых маршрутных уровня (которые могут рассматриваться как подуровни): сетевые маршруты нижнего уровня и сетевые маршруты верхнего уровня;

1 - *уровень среды передачи*, обеспечивающий в рамках технологии СЦИ три типа сред для передачи потока данных: оптическую, электрическую (радиорелейную) и электрическую (спутниковую), специфика которых отражается в формате фреймов и в используемом оборудовании. Описанная модель может быть конкретизирована для сетей СЦИ, в результате

чего она принимает вид, показанный на рис. 1

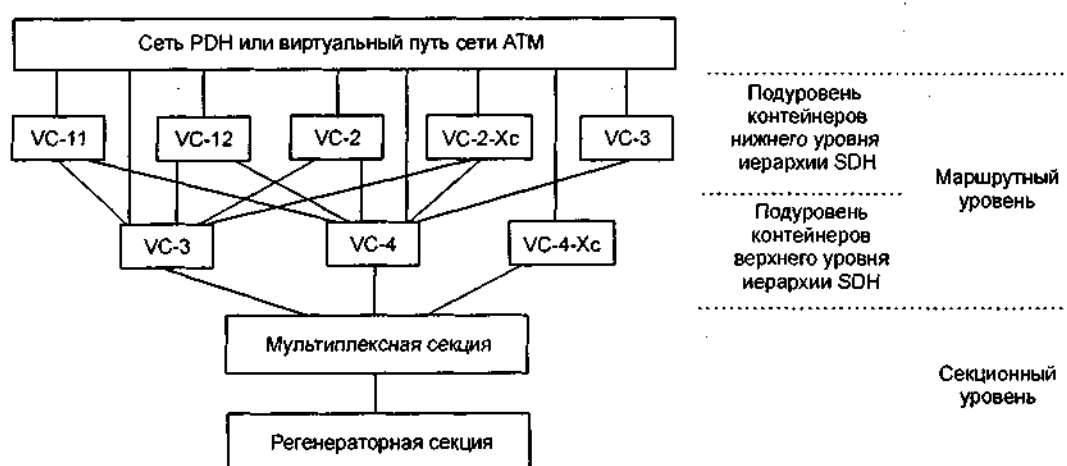


Рис. 1. Модель транспортной сети СЦИ

В этой модели добавлен еще один, *секционный*, уровень, состоящий из *подуровня мультиплексных секций* и *подуровня регенераторных секций*, что согласуется с общей концепцией построения моделей сетевых технологий, где

число уровней определяется тем, сколько раз происходит формирование (или добавление) заголовков. Уровень среды передачи здесь не конкретизирован, в противном случае кроме указанных выше трех типов сред отдельно (в оптической среде) может быть выделен *подуровень WDM* в силу специфики использования оптических несущих.

Эта модель позволяет конкретизировать такие важные понятия, как *клиентский уровень*, *серверный уровень* и *характерная информация*, введенные ранее. Для используемых в модели уровней соответствие этих понятий приведено в таблица 1.

Таблица 1.

<u>Клиентский уровень</u>	<u>Серверный уровень</u>	<u>Характерная информация</u>
Маршрут нижнего уровня VC-1 или UC-2	Маршрут верхнего уровня VC-3 или UC-4	VC-1,2 + смещение в фрейме (от начала поля полезной нагрузки)
Маршрут нижнего уровня UC-3	Маршрут верхнего уровня UC-4	UC-3 + смещение в фрейме
Маршрут верхнего уровня UC-3	Мультиплексная секция STM-N	UC-3 + смещение в фрейме
Маршрут верхнего уровня UC-4	Мультиплексная секция STM-N	UC-4+ смещение в фрейме
Мультиплексная секция STM-N	Регенераторная секция STM-N	Скорость STM-N, N=1, 4, 16, 64

Данная модель отличается также от аналогичной пятиуровневой модели. В последней дополнительно используется *линейный* уровень, расположенный между секционным и маршрутным уровнями, а верхний и нижний уровни отличаются названиями: *уровень пользователя* и *фотонный уровень* вместо уровня цепей и уровня среды передачи, соответственно.[8]

Ясно, что указанная многоуровневая модель имеет мало чего общего с многоуровневой эталонной моделью OSI (ЭМВОС), разработанной для локальных сетевых технологий, хотя бы потому, что в них нельзя найти приемлемого соответствия уровням, за исключением физического уровня

1.2. Функциональные модули реальных сетей СЦИ

Инженер, проектируя реальную сеть СЦИ, исходит не из модельных, а реальных физических модулей - сетевых элементов. Поэтому в этом разделе мы опишем, такие модули систем передачи данных, использующие технологию СЦИ,

или *функциональные модули* СЦИ. Эти модули могут быть связаны между собой в сеть СЦИ. Связи модулей можно рассматривать с двух сторон: *логической и физической*.

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

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

С другой стороны, рассматриваемые модули связаны между собой *физической средой* распространения СЦИ сигнала, создаваемой кабелем (как правило, волоконно-оптическим) или эфиром при использовании радио - или спутниковой связи. Совместное рассмотрение функциональных связей и физической среды распространения сигнала позволяет выявить физические пределы и ограничения на функционирование систем с заданной топологией.

1.3. Типы и задачи функциональных модулей сетей СЦИ

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

- ◆ *объединение* входных потоков, поступающих через каналы доступа, в агрегатный поток, пригодный для транспортировки в сети СЦИ - задача

мультиплексирования, решаемая *терминальными мультиплексорами* - ТМ или *мультиплексорами ввода/вывода* - ADM;

- ◆ *транспортировка* агрегатных потоков по сети СЦИ с возможностью ввода/вывода входных/выходных потоков - задача транспортировки, решаемая *мультиплексорами ввода/вывода* - ADM, логически управляющими информационным потоком в сети, а физически - потоком в *физической среде*, формирующей в этой сети транспортный канал;
- ◆ *концентрация (объединение)* нескольких однопоточных частично заполненных потоков в аналогичный, но более полно (или полностью) заполненный поток в узле-концентраторе (или хабе) - задача концентрации, решаемая *концентраторами*;
- ◆ *усиление* амплитуды сигнала, передаваемого на большие расстояния, для компенсации его затухания - задача усиления, решаемая с помощью *усилителей*;
- ◆ *восстановление (регенерация)* формы, амплитуды и исходных параметров сигнала для компенсации его затухания и других форм деградации - задача регенерации, решаемая с помощью *регенераторов* - устройств, аналогичных *повторителям* в ЛВС;
- ◆ *перегрузка* виртуальных контейнеров в соответствии со схемой маршрутизации из одного потока или сегмента сети в другой, осуществляемая в выделенных узлах сети, - задача коммутации, или кросс-коммутации, решаемая с помощью *цифровых коммутаторов* или *кросс-коммутаторов* - DXC;
- ◆ *сопряжение* сети пользователя с сетью СЦИ - задача сопряжения, решаемая с помощью *оконечного оборудования* - в первую очередь *интерфейсных модулей*, принимающих и обрабатывающих для последующего мультиплексирования или коммутации трибы ПЦИ и СЦИ, а также различных согласующих устройств, например, конвертеров интерфейсов, конвертеров скоростей, конвертеров импедансов и т. д.

1.4. Базовые топологии реальных сетей СЦИ

Рассмотрим базовые топологии реальных сетей СЦИ и особенности их выбора при построении архитектуры реальных сетей СЦИ. Для того чтобы спроектировать сеть в целом нужно пройти несколько этапов, на каждом из которых решается та или иная функциональная задача, поставленная на стадии проектирования. Это могут быть задачи выбора топологии сети, выбора оборудования узлов сети в соответствии с указанной топологией или задача формирования сетей управления и синхронизации. Первой из них является задача выбора топологии сети. Эта задача может быть решена достаточно легко, если знать возможный набор *базовых стандартных топологий*, из которых может быть составлена топология сети в целом. Ниже рассмотрены такие базовые топологии и их особенности.

Эту линейную архитектуру можно представить в виде последовательного соединения ряда секций, определенных в стандартах ИТУ-Т G.957 и G.958 . Принято различать три типа стандартизованных участков - секций:

- *оптическая секция* (участок от точки электронно-оптического до точки оптоэлектронного преобразований сигнала), которая по сути является участком ВОК между элементами сети СЦИ (на рис. 2 не показано);

- *регенераторная секция* (см. на рис. 2);

- *мультиплексная секция* (см. на рис. 2).

Оптические секции нормируются по длине, при этом выделяют три категории:

- *I - внутростанционная секция*, длиной до 2-х км;

- *S - короткая межстанционная секция*, длиной порядка 15 км;

- *L - длинная межстанционная секция*, длиной порядка 40 км (при длине волны 1310 нм) и 80 км (при длине волны 1550 нм).

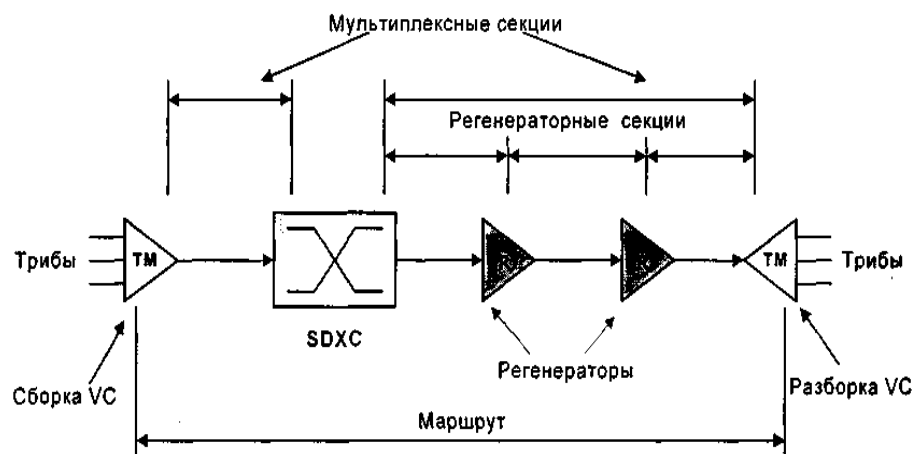


Рис. 2-58. Сеть SDH большой протяженности со связью типа "точка-точка" и ее сегментация

Указанные длины секций используются только для классификации и не могут рассматриваться как рекомендуемые значения используемых технических параметров. Общая длина маршрута может составлять при этом сотни или же тысячи километров. *Маршрут* рассматривается как участок тракта между терминальными мультиплексорами, допускающий *автоматическое поддержание функционирования сети* с номинальной производительностью.[2]

Мультиплексная секция рассматривается как участок тракта между транспортными узлами (мультиплексорами и коммутаторами), допускающий *аналогичное автоматическое поддержание функционирования*.

Регенераторная секция рассматривается как участок тракта между двумя регенераторами или между регенератором и другим узлом сети СЦИ.

2. Синхронные цифровые сети Республики Узбекистан

Основой системы электросвязи Узбекистана является первичная магистральная сеть, приоритетным направлением развития которой является строительство волоконно-оптических линии связи для цифровой системы передачи (ЦСП) СЦИ.

К концу первого этапа программы была завершена цифровизация магистральной сети с доведением цифровых каналов до всех регионов республики.

В Узбекистане по инициативе Президента Республики началась реализация национальной программы реконструкции и развития телекоммуникационной сети Республики Узбекистана.

Программа имеет целью полную реконструкцию и модернизацию существующей сети с целью внедрения в мировую сеть телекоммуникационных услуг.

Одной из важнейших задач, решенной в срок, была строительство и сдача национального сегмента ТАЕ – крупномасштабного проекта «Транс – Азиатского - Европейской Волоконно – оптической линии связи (ТАЕ ВОЛС)» этот проект предполагал строительство современной кабельной линии связи между странами Европы и Юго-Восточной Азии.

Строительство ТАЕ ВОЛС способствовало усилению экономического и культурного сотрудничества стран Азии и Европы. Сеть протянулась от Шанхая до Франкфурта-на-Майне и охватила 18 стран -это Китай, Центрально-Азиатские Республики, Республики Закавказья, Турция, Украина, Беларусь, Польша, Венгрия, Румыния, Австрия и Германия. Кабель часто проходит под водой по дну Черного и Каспийского морей.

ТАЕ ВОЛС - это коммуникационной сети высокого качество построенные на базе волоконно-оптических линий с использованием цифровых систем передачи, обеспечивающих безошибочную передачу сигнала с минимальными помехами. Скорость передачи информации 622 Мбит/с, позволяющая использовать системы ISDN.[11]

Продажа информационных потоков по национальному сегменту ВОЛС для соседних стран для выхода в международную сеть составляет немаловажную статью доходов от использования линии, что обещает скорую окупаемость всех затрат. Внедрение в международную сеть

ВОЛС принесло республике качественна новую связь и ускорило развитие хозяйственных и политических структур общества.

В Узбекистане первоочередная линия ВОЛС протянулась от границы с Казахстаном до границы с Туркменистаном с пунктами коммутации в Ташкенте и областных центрах Гулистан, Джизак, Самарканд, Карши, Бухара (Рис. 3). ТАС ВОЛС была началом строительства новой разветвленной сети по территории Республики.

Магистральная сеть Республики Узбекистан на базе аппаратуры СЦИ связано между собой ВОСП (Рис. 4).

В последние годы скорость строительства и введения в эксплуатацию волоконно - оптических линий передачи (ВОЛП) превзошла самые оптимистические прогнозы. Сегодня в Узбекистане практически вся магистральная сеть построена на базе аппаратуры СЦИ. Это говорит о том, что вся магистральная сеть работает на основе ВОЛП.

При строительстве ВОЛП применяются как различные виды оптического кабеля, так и подвешивание его на опорах воздушных линий электропередачи. В этих условиях на оптическом волокне (ОВ), находящиеся в кабеля, воздействуют самые разные механические нагрузки. Потенциально СЦИ имеет высокую надежность, как и его элементы. Известно, что прочность волокна больше, чем у стальной проволоки.

Очевидно, что вопросы обеспечения многолетней эксплуатационной надежности СЦИ, приобретают особенную актуальность.

3. Основные показатели надежности

Современные СП должны обеспечивать высококачественную и надёжную передачу больших потоков различных видов информации. Ненадёжная их работа приводит к потере верности передачи информации, наносит материальный ущерб, увеличивает затраты на запасные части, ремонтное оборудование, подготовку и содержание обслуживающего персонала. В то же время разработка аппаратуры с использованием

высоконадёжных электрорадиоэлементов (ЭРЭ), или просто элементов, резервирования встроенного контроля (для предупреждения отказов), возможного быстрого восстановления и ремонта отказавших узлов и т.п. приводит к резкому удорожанию аппаратуры, увеличению сроков разработки, изготовления и ввода её в эксплуатацию.

Очевидно, что вопросы оптимального построения систем телекоммуникаций по критерию минимум экономических и временных затрат при наличии двух конкурирующих факторов - повышения надёжности и снижения стоимости обслуживания - являются в настоящее время наиболее актуальными. Поэтому комплексное решение вопросов оптимального обеспечения надёжности СП должно учитываться как на этапе проектирования аппаратуры, так и на этапе строительства и эксплуатации объекта телекоммуникаций.

Рассмотрим основные понятия теории надёжности с пояснением их сущности. В теории надёжности обычно различают надёжность систем и надёжность входящих в неё элементов.

Системой называется совокупность совместно действующих объектов, полностью обеспечивающих выполнение определённых практических задач. Системы могут быть восстанавливаемыми и невосстанавливаемыми. *Восстанавливаемая система* после отказов подвергается ремонту и продолжает выполнять свои функции. Большинство используемых на практике систем относится к восстанавливаемым. *Невосстанавливаемая система*, в случае возникновения отказа, не подлежит или не поддаётся восстановлению либо по экономическим, либо по техническим соображениям.[4][9]

Системы различают также по характеру обслуживания. Те из них, которые выполняют свои задачи при наличии обслуживающего персонала и обычно приспособлены к устранению отказов во время эксплуатации, относятся к *обслуживаемым*. *Необслуживаемые системы* выполняют возложенные на них функции без обслуживающего персонала. Эти системы могут быть само восстанавливаемыми, т.е. приспособленными к

самостоятельному устранению отказов без участия обслуживающего персонала, например за счёт автоматического резервирования.

По характеру влияния отказов элементов системы на её выходные параметры (эффективность) системы можно разделить на простые и сложные. *Простые системы* при отказе элементов либо полностью теряют работоспособность, либо продолжают выполнять свои функции в полном объёме, если отказавший элемент зарезервирован. Такие системы могут находиться только в двух состояниях: рабочем и нерабочем. *Сложные системы* обладают способностью при отказе элементов продолжать выполнять свои функции, но с пониженной эффективностью, т.е. они могут находиться в нескольких рабочих состояниях.

Элементом называется часть системы, не имеющая своего эксплуатационного назначения и выполняющего в ней определённые функции. Для практического использования любого элемента необходимо соединить его с другими элементами в определённую систему. С точки зрения надёжности различают следующие виды соединения элементов: последовательное, параллельное и смешанное.

Последовательным называется такое соединение, при котором отказ любого элемента приводит к отказу системы. Оно является наиболее распространённым видом соединения элементов. Очень часто параллельное электрическое соединение элементов является последовательным с точки зрения теории надёжности и изображается в виде последовательного соединения элементов на блок-схеме анализа надёжности.

Параллельное соединение элементов - это такое их включение, при котором отказ системы наступает только при отказе всех элементов. Подобное соединение применяется при резервировании.

Смешанное соединение элементов - сочетание первых двух.

Важными понятиями в теории надёжности являются надёжность и отказ.

Надёжность - это свойство системы (элемента) сохранять во времени и установленных пределах значения всех параметров, характеризующих

способность выполнять требуемые функции при определённых условиях эксплуатации. Для реализации системой (элементом) своих функций с требуемым качеством необходимо, чтобы их основные параметры не выходили за установленные пределы. К *основным параметрам* относятся те количественные показатели, которые определяют выполнение рабочих функций. Применительно к ВОСП основными параметрами являются: максимальный и минимальный уровень излучения передатчика, чувствительность фотоприемника, уровни сигнала и помехи и т.д.

Иногда для большей определённости и конкретизации различают следующие разновидности надёжности: эксплуатационную и техническую.

Под *эксплуатационной надёжностью* понимается надёжность, определяемая в реальных условиях эксплуатации с учётом комплексного воздействия внешних и внутренних факторов, связанных с климатическими и географическими особенностями эксплуатации, реальными режимами работы системы и условиями её обслуживания.

Под *технической (номинальной) надёжностью* понимается надёжность, определяемая путём испытания в заводских условиях при работе аппаратуры в соответствии с типовыми режимами, оговорёнными в технических условиях.

В приведённом ранее определении надёжности не отражены те конкретные свойства, наличие которых обеспечивает выполнение системой (элементом) заданных функций. Такими свойствами являются: сохранение работоспособности, быстрое восстановление после отказа и продолжительность службы. В связи с этим общую надёжность можно понимать как совокупность трёх свойств: безотказность, восстанавливаемость и долговечность.

Безотказность в реальном случае понимается как свойство системы (элемента) непрерывно сохранять работоспособность в течение заданного времени в определённых условиях эксплуатации. Она характеризуется закономерностями возникновения отказов.

Восстанавливаемость - это приспособленность системы к обнаружению и устранению отказов с учётом качества технического обслуживания; она характеризуется закономерностями устранения отказов.

Долговечность - это свойство системы длительно сохранять работоспособность в определённых условиях; количественно характеризуется продолжительностью периода практического использования системы от начала эксплуатации до момента технической или экономической нецелесообразности дальнейшей эксплуатации.

Срок службы - календарная продолжительность работоспособного состояния системы (оборудования, оптического кабеля - ОК) с момента ввода в эксплуатацию до момента перехода в предельное состояние, при котором дальнейшая эксплуатация системы (оборудования, ОК) недопустима или нецелесообразна, или когда восстановление работоспособности системы невозможно или нецелесообразно (стоимость технического обслуживания и капитального ремонта становится сопоставимой с ценой на закупку нового оборудования системы).[6]

Вторым важнейшим понятием в теории надежности является понятие отказа. *Отказом* называется нарушение нормальной работы, при котором система (элемент) полностью или частично теряет способность выполнять заданные функции вследствие выхода из установленных допусков значений одного или нескольких параметров.

Под отказом следует понимать не только полное нарушение работоспособности системы (элемента), но и ухудшение её основных качественных показателей до уровня ниже установленных пределов.

Расстройки, повреждения и аварии отличаются друг от друга объёмом и характером ремонта. *Расстройкой* называется нарушение нормального режима работы из-за неправильной установки органов регулировки при полностью исправных элементах системы. Для их устранения достаточно произвести регулировку системы. *Повреждения* - это отказы, которые вызваны необходимыми изменениями параметров элементов и для устранения которых

требуется заменить неисправные элементы. К *авариям* относятся отказы, для устранения которых требуется длительное время.

Количественные характеристики надёжности описываются показателями. *Показатель надёжности* - это мера, посредством которой производится количественная оценка. Численное значение какого-либо показателя для конкретной системы иногда называют *параметром надёжности*. К параметрам надёжности предъявляются следующие основные требования:

- максимальный учет факторов, определяющих надёжность аппаратуры;
- возможность использования показателей при инженерных расчётах надёжности;
- возможность задания показателей надёжности в качестве технических параметров проектируемой аппаратуры;
- удобство и быстрота практической проверки показателей в процессе эксплуатации или специальных испытаний.

К *показателям безотказности* относятся: вероятность безотказной работы; частота отказов; интенсивность отказов; среднее время безотказной работы; наработка на отказ.

К *эксплуатационным коэффициентам надёжности* относятся: коэффициент ИСПОЛЬЗОВАНИЯ или коэффициент исправного действия K ; коэффициенты готовности K_T и оперативной готовности $K_{ог}$, а также коэффициенты простоя и стоимости эксплуатации.

4. Количественные показатели надёжности

Рассмотрим основные количественные показатели надёжности.

Вероятность безотказной работы - это вероятность того, что за заданный интервал времени не произойдёт ни одного отказа. Вероятность безотказной работы элемента можно представить как вероятность того, что время исправной работы будет больше некоторого заданного времени:

$$p(t) = P\{T > t\}. \quad (1.1)$$

Естественно, что чем больше заданный промежуток времени, для которого определяется надёжность элемента, тем меньше значение вероятности безотказной работы, и наоборот.

Практическая вероятность безотказной работы за некоторый промежуток времени может быть найдена статистическим путём по результатам испытаний элементов на надёжность как отношение числа элементов, оставшихся исправными в конце рассматриваемого интервала времени t_i , к начальному числу элементов, поставленных на испытание:

$$P_i^* = (N - n_i) / N, \quad (1.2)$$

где N - начальное число испытываемых элементов; n_i - число отказавших элементов за время t_i . При значительном числе испытываемых элементов статистическая вероятность P_i^* сходится по вероятности к $p(t)$.

Вероятность отказа элемента $q(t)$ тесно связана с $p(t)$ соотношением

$$q(t) = 1 - p(t) = P\{T < t\} \quad (1.3)$$

Под *частотой отказов* понимают число отказов в единицу времени, отнесённое к первоначальному числу поставленных на испытание элементов. Если в процессе испытаний на надёжность N элементов фиксировать число отказов Δn_i , происшедших в определённые интервалы

Δt_i , то частота отказов в данный промежуток времени определится как:

$$f_i^* = \Delta n_i / N \Delta t_i, \quad (1.4)$$

Зависимость f_i^* (1.4), от t даёт функцию плотности распределения вероятности исправной работы $f(t)$, т.е. дифференциальный закон распределения времени исправной работы.

Показателем, наиболее полно характеризующим надёжность невосстанавливаемых элементов, является интенсивность отказов $\Lambda(1)$.

Под *интенсивностью отказов* понимают число отказов в единицу времени, отнесённых к числу элементов, оставшимися исправными к началу рассматриваемого промежутка времени. Как и частота отказов, эта

характеристика надёжности может быть получена из опытных данных и рассчитывается по формуле:

$$\lambda_i^* = \Delta n_i / (N - n_i) \Delta t_i, \quad (1.5)$$

где Δn_i , - число отказов за промежуток Δt_i ; N - начальное число элементов; n_i - общее число отказавших элементов к началу рассматриваемого промежутка времени.

Надёжность однотипных систем и элементов с точки зрения продолжительности их работы до первого отказа можно оценивать *средним временем безотказной работы*, под которым понимается математическое ожидание времени исправной работы. Среднее время безотказной работы однотипных элементов определяется по данным испытаний элементов на надёжность по формуле:

$$T_{cp}^* = \sum_{i=1}^N t_i / N, \quad (1.6)$$

где t_i - время исправной работы i -го элемента; N - общее число испытываемых элементов.

Наработка на отказ - это среднее число часов работы между двумя соседними отказами. Таким образом, если аппаратура определённого типа проработала суммарное время T_p часов за определённый календарный срок и имела при этом n отказов в работе, то наработка на отказ рассчитывается по формуле:

$$T_0^* = T_p / n \quad (1.7)$$

Наработка на отказ является хорошим и удобным для практики показателем надёжности восстанавливаемых систем, так как при определении его в реальных условиях эксплуатации он учитывает все факторы, влияющие на надёжность аппаратуры.[18]

Оборудование СП представляет собой аппаратуру непрерывного применения, для которой характерно чередование времени использования по назначению, технического обслуживания или ремонта (планового или по

требованию), времени восстановления, т.е. в процессе эксплуатации оборудование СП пребывает в различных состояниях.

Если известны структура оборудования СП, принципы его функционирования и восстановления работоспособности, то, задавшись определёнными критериями отказа, все состояния оборудования можно разделить на два класса: работоспособное - использование только по назначению и неработоспособное, т.е. отказ или нахождение на плановом (неплановом) техническом обслуживании или ремонте и т.д. Если известны интенсивности отказов (λ), поступления оборудования на техническое обслуживание или ремонт ($\nu_{ТО}$) и восстановления ($\mu_{В}$), то нахождение оборудования СП в одном из состояний можно охарактеризовать следующими показателями:

коэффициент готовности

$$K_g = T_o / (T_o + T_B) = \mu / (\mu + \lambda), \quad (1.8)$$

характеризующий вероятность исправного состояния оборудования в установившемся режиме эксплуатации;

коэффициент простоя

$$K_{II} = 1 - K_g = T_B / (T_o + T_B) = \lambda / (\mu + \lambda) \quad (1.9)$$

коэффициент исправного действия

$$K_{II} = (T_K - T_{II}) / T_K, \quad (1.10)$$

где T_K - календарный цикл эксплуатации оборудования; T_n - суммарное время простоя оборудования СП, каналов и трактов за рассматриваемый период эксплуатации.

Коэффициент исправного действия сходен с коэффициентом готовности. Отличие состоит в том, что K_{II} учитывает простои не только по причине отказов техники, но и за счет ошибок обслуживающего персонала в процессе технической эксплуатации.

$$K_{OG} = K_g P(t_p) \quad (1.11)$$

Для оценки состояния готовности оборудования СП, находящегося в режиме ожидания используется коэффициент оперативной готовности $K_{ог}$, под которым понимается вероятность того, что восстанавливаемое оборудование окажется работоспособным в произвольный момент времени и, начиная с того момента, будет работать безотказно в течение заданного интервала:

4.1. Расчёт надёжности при проектировании и эксплуатации СЦИ

Надёжность СП должна быть обеспечена, прежде всего, на этапе проектирования. При этом расчёт надёжности осуществляется в три этапа: ориентировочный, предварительный и окончательный.

Ориентировочный расчёт надёжности выполняется на этапе уточнения технического задания или при сравнительной оценке отдельных вариантов построения аппаратуры на стадии технического проектирования при следующих предпосылках: все элементы равнонадежны; время распределения отказов распределено по экспоненциальному закону; отказ любого элемента приводит к отказу СП.

Если определена структурная или принципиальная электрическая схема, то требуется рассчитать наработку на отказ стойки $T_{ост}$ (1.12):

$$T_{ост} = 1 / n_{б(э)} \lambda_{ср} \quad (1.12)$$

где $n_{б(э)}$ - число блоков или элементов в стойке; $\lambda_{ср}$ - средняя интенсивность отказов всех элементов, входящих в блок (стойку).

Предварительный расчёт надёжности выполняется на этапе эскизного проектирования при установлении рационального состава элементов и выбора путей повышения надёжности системы. Предварительный расчёт надёжности основывается на следующих предпосылках: все элементы функционируют в номинальном режиме, т.е. при коэффициенте нагрузки, равном единице, и окружающей температуре 20°C ; время возникновения отказов распределено по экспоненциальному закону; отказ любого элемента приводит к отказу стойки.

Тогда параметр потока отказов стойки $\Lambda_{ст}$ определится как:

$$\lambda_{CT} = \sum_{i=1}^k N_i \lambda_i, \quad (1.13)$$

где N_i - число элементов i -го типа; k - число типов элементов; λ_c - интенсивность отказов элементов i -го типа, указанная в действующих стандартах, ТУ, справочниках.

Окончательный расчёт надежности блока, стойки производится на этапе технического проектирования. Перед выполнением этого расчета составляются карты рабочих режимов на все элементы, изделия.

При расчете надежности система разбивается на отдельные конструктивно самостоятельные части - блоки, панели, узлы. В выделенном блоке интенсивность отказов i -го элемента при коэффициенте нагрузки $k_n > 0,05$ вычисляется по формуле:

$$\lambda_i = \lambda_{oi} k_{zi} - k_{ni}, \quad (1.14)$$

где λ_{oi} - интенсивность отказов i -го элемента при $k_n = 1$ и $t = 20^\circ \text{C}$; k_{zi} - коэффициент эксплуатации, учитывающий влияние внешних воздействующих факторов: влажности, вибрации, ударов и т.д. (определяется по действующим справочникам); k_{ni} - коэффициент нагрузки, учитывающий электрическую нагрузку и температурный режим элемента.

Интенсивность отказов всех элементов, входящих в панель (блок), определяется по формуле:

$$\lambda_o = \sum_{i=1}^n \lambda_i N_i \quad (1.15)$$

где λ_i - интенсивность отказов i -го элемента с учетом k_o и k_n ; n_o - число элементов в панели (блоке).

Интенсивность отказов монтажных соединений отдельной панели (блока) при отсутствии сведений об их количестве (на этапе проектирования) рассчитывается при объемном монтаже по формуле:

$$\lambda_{OM} = l_1 (\lambda_1 + 2 \lambda_2) N, \quad (1.16)$$

где N - число элементов рассматриваемой панели, требующих для электрического соединения дополнительные проводники; λ_1 - интенсивность

отказов на 1 метр проводника; λ_2 - интенсивность отказов одной объемной пайки; l_1 - средняя длина одного проводника (для ТСП $l_1=0,03$ м).

При печатном монтаже интенсивность отказов монтажных соединений:

$$\lambda_{ПМ} = (\lambda_3 + 2 \lambda_4) N, \quad (1.17)$$

где λ_3 - интенсивность отказов одного печатного проводника; λ_4 - интенсивность отказов одной печатной пайки.

Величины λ_1 , λ_2 , λ_3 , λ_4 указываются в действующих стандартах, ТУ и справочниках.

Наработка на отказ:

$$T_{ОСТ} = 1 / \lambda_{СТ} \quad (1.18)$$

Коэффициент готовности стойки:

$$K_{ГСТ} = T_{ОСТ} / (T_{ОСТ} + T_{ВСТ}) \quad (1.19)$$

Среднее время восстановления стойки $T_{в ст}$ на этапе проектирования определяется по данным эксплуатации так же, как и для серийной аппаратуры. Если известный аналог серийной аппаратуры отсутствует, то время восстановления стойки:

$$T_{ВСТ} = \sum_{i=1}^{n_{СТ}} (\lambda_{\sigma i} / \lambda_{cm}) T_{\sigma i}, \quad (1.20)$$

где $n_{СТ}$ - число блоков в стойке; $T_{\sigma i}$ - среднее время восстановления i -го блока.

По данной методике определяются показатели надежности отдельных блоков и стоек, а также линий передачи, каналов и трактов сети при проектировании и внедрении новых СП.

Помимо определения надёжностных показателей СП, на этапе проектирования провести расчет энергетического бюджета оптического сигнала в СЦИ осуществить выбор трассы прокладки ОК, а также провести ориентировочный расчет нагрузки сети. Реальное значение энергетического бюджета обычно отличается от расчётного в связи с различием в качестве сварочных узлов, соединений и т.д. Поскольку расчётное значение, как правило, имеет запас по мощности по сравнению с реальным значением, возникает вопрос оценки потенциального запаса по мощности в СЦИ. Значение

величины этого запаса может быть использовано для анализа влияния различных условий эксплуатации: например, каково предельное значение затухания заданного узла СЦИ, при котором система ещё будет работать.[21]

Выбор трассы прокладки оптического кабеля определяется в первую очередь расположением пунктов, между которыми должна быть обеспечена связь. Обычно рассматривается несколько вариантов трассы, из которых выбирается оптимальный с точки зрения максимальной технико-экономической эффективности. При оценке эффективности тех или иных вариантов прокладки следует учитывать:

- длину трассы;
- возможность создания резервных и обходных путей;
- наличие препятствий, усложняющих и удорожающих прокладку (горы, реки, автотрассы, железные дороги и т.д.);
- возможность применения хорошо отработанных типовых решений, что позволяет уменьшить стоимость проектирования и строительства по сравнению с решениями, основанными на индивидуальных проектах;
- обеспечения удобства дальнейшего эксплуатационного обслуживания.

При проектировании сети необходимо произвести расчет нагрузки, поскольку может получиться, что спроектированная сеть не сможет реально пропустить те нагрузки, для которых она предназначена и которые были заданы как исходные данные при ее проектировании.

Расчет нагрузки в одиночном однонаправленном кольце сети СЦИ не вызывает затруднений, так как в этом случае требуемая емкость кольца равна сумме значений нагрузки между всеми парами узлов сети.

Расчет двунаправленных колец гораздо сложнее и нахождение оптимального распределения потоков в них представляет собой нетривиальную математическую задачу, для решения которой имеется ряд алгоритмов.

Еще сложнее становится расчет в сетях, состоящих из нескольких колец, что ведет к возможности ошибок. Например, в одном из проектов планировалась сеть, состоящая из двух взаимосвязанных колец (рис. 5).

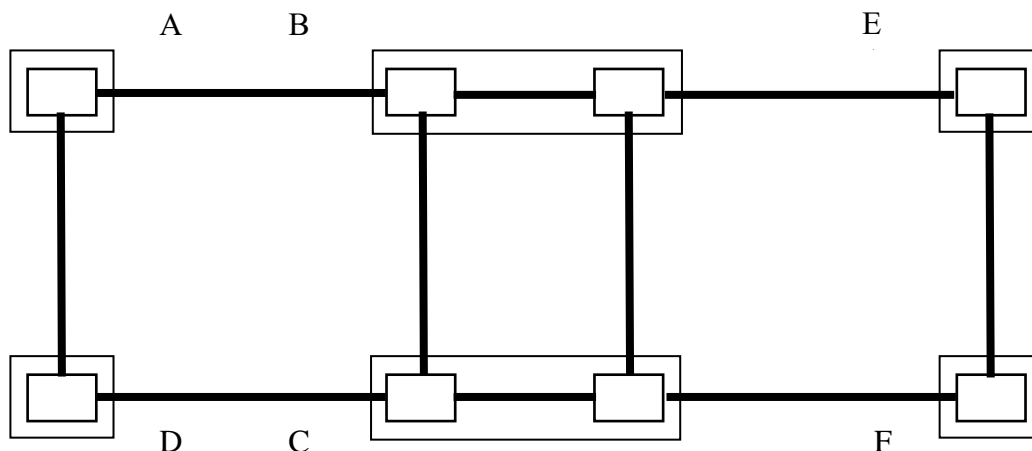


Рис. 5. Сеть из двух сопряженных колец.

При расчете необходимой пропускной способности были учтены только потоки, проходящие внутри каждого кольца, а потоки между узлами в различных кольцах (например, между А и Е на рис.5) не были приняты во внимание.

Особенно сложным становится расчет емкости связанных колец в случаях, когда стремятся обеспечить защиту от отказа любой линии и любого узла. При этом необходимо предусмотреть возможность прохождения трафика между узлами, принадлежащими различным кольцам, через оба узла сопряжения (В и С на Рис. 5.) на случай отказа одного из них. Зачастую это требует дополнительной емкости, так как линии между этими узлами могут стать узким местом всей сети.

4.2. Определение показателей надежности СП по эксплуатационным данным

Необходимость определения показателей надежности СП по эксплуатационным данным возникает при частых повреждениях серийно выпускаемой аппаратуры, установленной на линиях передачи, когда имеет место несоответствие фактических показателей надежности нормам,

оговоренным в технических условиях на стойки. Определение наработки на отказ T_0 по данным эксплуатации позволяет уточнить наработку отдельных блоков, лимитирующих надежность стойки.

Расчет наработки на отказ стойки как основного показателя, через который можно выразить другие показатели (например, интенсивность отказов, вероятность безотказной работы, коэффициент готовности и т. д.), следует производить следующим образом.

По результатам наблюдений за работой какой-либо партии стоек в течение заданного времени наблюдения I_K (например, года эксплуатации) определяется интенсивность отказов:

$$A_{CT} = [\Delta_{i-\beta}(m)] / (N_{CT} t_H) \quad (1.21)$$

где N_{CT} — число наблюдаемых стоек; $\Delta_{i-\beta}(m)$ - параметр закона Пуассона при доверительной вероятности β . Значение этого параметра определяется в зависимости от числа отказов m за время наблюдения (по специальным таблицам).

Доверительные интервалы (нижний и верхний) для параметра λ :

$$A_H = [\Delta_{i-\varepsilon_2}(m-1)] / (N_{CT} t_H), \quad (1.22)$$

$$A_B = [\Delta_{\varepsilon_1}(m)] / (N_{CT} t_H), \quad (1.23)$$

где $\varepsilon_1, \varepsilon_2$, - коэффициенты, равные среднему значению доверительной вероятности, т. е. $\varepsilon_1 = \varepsilon_2 = (1-\beta) / 2$

При организации, наблюдения за работой стоек в условиях эксплуатации с целью определения их действительной наработки на отказ приходится решать задачу по установлению минимального времени наблюдения t_n при котором регистрируемые отказы обеспечат определение наработки на отказ стойки с относительной ошибкой (погрешностью), не превышающей δ , и доверительной вероятностью p . Чтобы установить минимальное время наблюдения t_n , необходимо найти минимальное число отказов m , для которого рассчитывается время t_n . Для этого определим коэффициент R_1 , являющийся в общем виде функцией от относительной ошибки δ , доверительной вероятности β и числа

отказов m , т. е. $R_1 = \varphi(\delta, \beta, m)$. Коэффициент R_1 рассчитываем по формуле $R_1 = 1 + \delta$ (значения этого коэффициента для заданной величины приведены в справочных таблицах). Зная R_1 и β , по справочным таблицам находим число отказов m .

Время наблюдения за работой N стоек (с целью определения их наработки на отказ):

$$t_H = [m/R_2 N] T_0 \quad (1.24)$$

где m — число отказов, по достижении которого наблюдения за аппаратурой прекращаются; T_0 — заданная в ТУ наработка на отказ; R_2 — коэффициент, зависящий от найденного числа отказов m и доверительной вероятности β (определяется также по справочным таблицам).[22]

Вычисленное по расчетным формулам значение наработки на отказ стойки используется для расчета вероятности безотказной работы ее за время:

$$P_{CT}(t) = e^{-t/T_0} \quad (1.25)$$

и коэффициента готовности:

$$K_{ГСТ} = T_0 / (T_0 + T_B) \quad (1.26)$$

Среднее время восстановления стойки:

$$T_{ВСТ} = \sum_{i=1}^m T_{Вi} / m \quad (1.27)$$

где $T_{Вi}$ - i -е значение времени восстановления стойки; m — число зарегистрированных отказов.

Если в процессе наблюдения за работой аппаратуры систем и линий передач обнаруживаются существенные недостатки, например систематические отказы одних и тех же блоков в течение квартала, то служба эксплуатации должна определить, целесообразно ли разрабатывать мероприятия по повышению надежности этих блоков.

ГЛАВА 2. Методы обеспечения проектной надежности в условиях эксплуатации

1. Исследование эксплуатационной надежности

В качестве объекта диссертационного исследования автор воспользовался магистральной сетью Республики Узбекистан. О построении этой сети говорилось в первой главе.

Основой исследования является периодичность повреждений. Статистический анализ данных из филиала «Телекоммуникация транспорт тармоқлари» за период 2012 и 2013 год позволил выявить причины отказов, длительность времени этих отказов, а также ознакомиться с участками мест повреждений. Результаты анализа сведены в таблицы 3, 4 и 5.

Таблица 2.

№	Месяцы	2012 год	2013 год	Итого
1.	Январь	-	1	1
2.	Февраль	1	-	1
3.	Март	1	3	4
4.	Апрель	-	1	1
5.	Май	1	-	1
6.	Июнь	3	-	3
7.	Июль	2	1	3
8.	Август	-	-	-
9.	Сентябрь	3	-	3
10.	Октябрь	1	-	1
11.	Ноябрь	-	1	1
12.	Декабрь	-	-	-
ИТОГО		12	8	20

Таблица 3

№	Участок	Время, Час	Причина
1.	Карши	4.48	Пропадание потока в блоке ОГМ-2, вышла из строя три платы, заменили и перезагрузили
2.	БухараСУС- Мубарак	10.92	Линия стихийная, при поступлении большого количество воды упало нижняя часть, лотки и повредила кабель
3.	ТашкентАМТС- ПахтаСУС	4.58	Неизвестными лицами с целью хищения был обрезан кабель
4.	КанлыПРС- Джизак	6.18	На городской телефонной канализации на колодце неизвестными лицами был обрублен в двух местах оптический кабель
5.	Бухара-Алат	5.7	Был оборван кабель при введении земляных работ частными лицами
6.	ТуйтепаСУС- ТашкентАМТС	2.97	При попытке кражи обрезан кабель
7.	ТашкентАМТС- ПахтаСУС	0.47	Пропадание сигнала на станции ТашкентАМТС зависло программное обеспечение
8.	ТашкентАМТС- ПахтаСУС	1.25	На стойке SLT-4 вышел из строя блок центрального процессора . Произошел сбой защитного переключения
9.	ПахтаСУС- Терит.Казахстан	4.58	Линия стихийная , в сторону Абай обрыв кабеля. Через реку Шурулисай обвалился грунт и оборвал кабель
10.	Туйтепа-Ангрен	5.86	От сторонней организации при рытье котлованов эксковатором оборван кабель
11.	Гулистан- ПахтаСУС	4.16	При рыть траншей для отвода воды сторонней организацией оборван кабель
12.	ТашкентАМТС- ГулистанАМТС	6.97	От ТашкентАМТС в сторону Гулистан был оборван кабель, попытка хищения

Таблица 4.

№	Участок	Время, Час	Причина
1.	БухараСУС- БухараОРС	13.93	На оборудовании SMA-4 вышел из строя блок, заменили плату
2.	БухараАМТС	1.13	На стойке SMS-150 зафиксирован 2Мбит блок и произошел сбой процессора заменили плату
3.	Карши- Мубарак	10.3	При установке деревянных столбов был оборван кабель
4.	БухараСУС- Мубарак	0.03	На НРП Мубарак зафиксирован сбой за счет демультиплексора на оборудовании SLT-4
5.	ТашкентАМТС- ПахтаСУС	1.2	Сбой синхронизации, наблюдается кратковременное пропадание сигнала
6.	Турткул - Нукус	9.55	На расстоянии 20.3 км от Турткул в сторону Нукус трактором оборван кабель
7.	ТашкентАМТС- ТашкентУРС	2.5	На оборудовании SMS-600 блоке SC зависло программное обеспечение

2. Анализ результатов исследования

В результате анализа таблицы 3. выяснилось что произошло 12 повреждений за 2012 год и 7 повреждений за 2013 год. Это говорит о том, что улучшилась надежность магистральной сети на 42% по количественным показателям.

Анализируя таблицы 4 и 5. можно сделать следующие выводы:

- ◆ Внешние факторы ухудшающие надежность сети это такие как кража кабеля посторонними лицами, неответственное отношение к местам прокладки кабеля, отсутствие информации о прокладке волоконно-оптического кабеля у населения живущего в местах прокладки кабеля, стихийные бедствия.

- ◆ Технические факторы ухудшающие надежность сети это перезагрузка программного обеспечения , перегорание плат , выходы из строя блоков оборудования, плохой контакт в цепях питания ЭПУ, вина персонала и т.д.

В следующих диаграммах приведены соотношения внешних и технических факторов за период 2012 и 2013 годы (Диаграмма 2 и 3).

Диаграмма 2.



Диаграмма 3.



Исходя из диаграмм можно сделать выводы что в 2013 год по сравнению с 2012 годом технические факторы влияющие на надежности сети повысились на 58.12% и уменьшилось внешние факторы на 38.74%. Но общее количество повреждений за эти годы уменьшилось, что говорит об улучшений надежности магистральной сети Республики Узбекистан.

В таблицах 3. и 4. также приведено время длительности повреждений за 2012 и 2013 годы. Анализируя эти показатели можно сделать вывод, что продолжительность технических повреждений за 2012 год составила 6.2 часа а продолжительность повреждений исходящих из-за внешних факторов составила 51.92 часа. А за 2013 год 18.19 и 19.85 часов соответственно.

Исследуя эти данные автор сделал следующие выводы:

- ◆ поскольку наиболее частой причиной отказов и аварий является отключение городского тока, порой на довольно длительное время (хотя на станцию заводится две линии от различных источников, одна основная, другая резервная; на станции имеются аккумуляторные батареи, как временный источник напряжения, и дизельная подстанция) являющееся, в свое время, основной причиной отказа плат, перезагрузки программного обеспечения систем, перегорания блоков питания и выхода из строя предохранителей необходимо, либо увеличить число заводимых фидеров питания, либо потребовать от городских служб более быстрого восстановления подачи питания;
- ◆ необходимо проведение планового тестирования всех систем для уменьшения возможности проявления неочевидных причин отказов; также необходимо проанализировать какие блоки в основном являлись возможной причиной отказов с целью выявления объективных причин, знание которых позволит избежать длительного простоя оборудования;
- ◆ необходимо проанализировать какие платы, и какие элементы на них, в основном выходили из строя с целью замены элементов на более надежные, и увеличения числа этих плат на складе;
- ◆ необходимо уменьшить время восстановления кабельной магистрали между АТС, поскольку, по международным нормам данные сроки восстановления кабельных магистралей не приемлемы, однако наиболее надежным способом увеличения эксплуатационной надежности было бы внедрение резервирования, хотя бы частичного, как кабеля, так и оборудования передачи.[19]

Исходя из статистических данных полученных в результате анализа проведем расчет надежности СЦИ на магистральной сети Республики Узбекистан.

3. Расчет надежности аппаратуры СЦИ

3.1. Исходные данные и основные расчетные соотношения

Проблема обеспечения надёжности весьма актуальна для СЦИ, предназначенных для больших объёмов информации и имеющих большую длину участков регенерации, т.е. большие протяжённые участки обслуживания. Поэтому очень важно предварительно рассчитать их надёжность с тем, чтобы получить требуемые показатели в процессе эксплуатации аппаратуры СЦИ.

Требуемые показатели для расчета плотности повреждений на один год приведены в таблица 5. за 2012 год и таблица 6. за 2013 год.

Таблица 5.

№	Участок	Расстояние, км
1.	БухараСУС-Мубарак	98.04
2.	Ташкент АМТС- Пахта СУС	51.344
3.	Канлы ПРС-Джизак	4.877
4.	Бухара-Алат	84.918
5.	Туйтепа СУС- Ташкент АМТС	49.819
6.	Ташкент АМТС- Пахта СУС	51.344
7.	Ташкент АМТС- Пахта СУС	51.344

8.	Ташкент АМТС- Гулистан АМТС	150.386
----	--------------------------------	---------

Таблица 6.

№	Участок	Расстояние, км
1.	БухараСУС- БухараОРС	0.07
2.	Карши- Мубарак	94.9
3.	БухараСУС-Мубарак	98.04
4.	ТашкентАМТС- ПахтаСУС	51.344
5.	Турткул – Нукус	600
6.	ТашкентАМТС- ТашкентУРС	1.655

Расчет параметров надежности. Надежность изделия, системы, элементов определяется для конкретных условий эксплуатации, обусловленных определёнными значениями воздействующих факторов внешней среды и режима их использования. В связи с тем, что изменения режимов работы и колебания параметров системы под влиянием дестабилизирующих факторов, в основном носят случайный характер, то и возникновение отказа работающих устройств в разные промежутки времени представляют собой случайные события.

Одним из важнейших параметров для расчета надежности является плотность повреждений на один год. Зная повреждения системы по месяцам необходимо определить плотность повреждения за год для того чтобы оценить среднее состояние надежности сети за этот период. Для расчета используем следующую формулу:

$$m = \frac{N * 100}{k * l}, \quad (2.1)$$

где N – количество повреждений за этот период

k - число наблюдений

l - длина трасса, км .

Также определяется средняя наработка на отказ T_0 . Средняя наработка на отказ это среднее число часов работы между двумя соседними отказами. Таким образом, если аппаратура определенного типа проработала суммарное время T_p за определенный календарный срок и имела при этом n отказов в работе, то средняя наработка на отказ рассчитывается по формуле:

$$T_0 = T_p / n, \quad (2.2)$$

Где, T_p - суммарное время, проработанное сетью.

n – количество отказа за этот период.

Нарботка на отказ является хорошим и удобным для практики показателем надежности восстанавливаемых систем, так как при определении его в реальных условиях эксплуатации он учитывает все факторы влияющие на надежность аппаратуры.

Ниже приведены исходные данные среднего времени простоя одного повреждения и участки повреждений за 2012 и 2013 годы для определения коэффициента готовности в этот период (Таблица 7 за 2012 год и Таблица 8 за 2013 год).

Таблица 7.

№	Участок	Время, час
1.	Бухара СУС-Мубарак	10.92
2.	Ташкент АМТС-Пахта СУС	4.58
3.	Канлы ПРС-Джизак	6.18
4.	Бухара – Алат	5.7
5.	Гуйтепа СУС – Ташкент АМТС	2.97

6.	Ташкент АМТС-Пахта СУС	0.47
7.	Ташкент АМТС-Пахта СУС	1.25
8.	Ташкент АМТС- Гулистан АМТС	6.97

Таблица 8.

№	Участок	Время, час
1.	Бухара СУС-Бухара ОРС	13.93
2.	Карши- Мубарак	10.3
3.	Бухара СУС-Мубарак	0.03
4.	Ташкент АМТС-Пахта СУС	1.2
5.	Турткул – Нукус	9.55
6.	Ташкент АМТС- Ташкент УРС	2.5

Для

определения надежности магистральной сети необходимо рассчитать коэффициент готовности этой сети. Под коэффициентом готовности понимается характерная надежность сети за определенный период времени. Коэффициент готовности - это вероятность того что система находится в работоспособном состоянии. Коэффициент готовности определяется по формуле :

$$K_z = \frac{8760 - m * T_p}{8760}, \quad (2.3)$$

где, m – плотность повреждений на один год

T_p - среднее время простоя одного повреждения

8760 – количество часов работы.

3.2. Методика инженерного расчета

В ходе расчета сначала вычисляют по данным характеристик надежности отдельных компонентов суммарные показатели надежности всего комплекса

СЦИ. Затем полученные величины сравнивают с требуемыми значениями, рассчитанными на основании действующих норм на типовые протяженности (L_m) и действительной длины проектируемой линии связи (L). Информация о характеристиках надежности отдельных компонентов СЦИ присутствует в технических условиях на них. (Все необходимые для расчета нормы приведены в табл.6 и табл.9).

Если рассчитанные показатели надежности проектируемой СЦИ не удовлетворяют требованиям сети общего пользования, то либо заменяют наименее надежные компоненты СЦИ на такой же тип оборудования другого производителя (с лучшими показателями надежности), либо вносят изменения в структурную схему организации связи, вводя резервирование (по элементам или по линейному тракту на участке переключения) либо организуют эксплуатацию СЦИ на основе оптимальной стратегии восстановления, что в большинстве случаев, как правило, требует существенно меньших дополнительных капитальных затрат.[7][13]

Выбрав нужный вариант, повторяют расчет суммарных показателей надежности СЦИ и снова сравнивают полученные величины с требуемыми значениями.

Эту же методику расчета можно применять и при проектировании показателей надежности комплекса СЦИ в целом или отдельных компонентов. Например, жестко определив для проектируемой линии связи часть оборудования, подбирать другую из оборудования различных производителей. Для этого, пользуясь расчетными выражениями и данными, определяют требуемые значения характеристик надежности на отдельные компоненты СЦИ, которые при прочих равных условиях и становятся решающим критерием при выборе оборудования.

3.3. Расчет эксплуатационной надежности магистральной сети Республики Узбекистан

В данное время магистральная сеть Республики Узбекистан полностью работает на основе аппаратуры СЦИ. Необходимо рассчитать параметры надежности этой системы для того, чтобы оценить работоспособность синхронной цифровой иерархии в Узбекистане.

Для расчета надежности аппаратуры СЦИ воспользуемся данными в таблицах 5. и 6. и формулой, приведенной для расчета плотности повреждений за один год. Попытаемся рассчитать этот параметр сначала за 2012 год, потом 2013 год и сравнить разницу. Провести анализ.

Исходя из данных,

N - общее количество повреждений за 2012 год составило 8,

$N=8$

l – общая длина повреждений оптической линии за 2012 год рассчитывается следующим образом по формуле (2.4):

$$l = l_1 + l_2 + l_3 + \dots + l_8, \quad (2.4)$$

Исходя из данных

$l = 542.072$ км

Нам известно, что k - постоянная, $k=5$.

Рассчитав все это мы легко можем рассчитать значение плотности повреждений за 2012 год по формуле (2.5):

$$m = \frac{N * 100}{k * l}, \quad (2.5)$$

$m = 0.29$.

Исходя из данных,

N - общее количество повреждений за 2013 год составило 6,

$N=6$

l – общая длина повреждений оптической линии за 2013 год рассчитывается следующим образом

$$l = l_1 + l_2 + l_3 + \dots + l_6,$$

Исходя из данных

$$l = 846.36$$

Нам известно, что k - постоянная, $k=5$.

Рассчитав все это мы легко можем рассчитать значение плотности повреждений за 2013 год.

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

$$m = 0.14.$$

Значит, за 2013 год по сравнению с 2012 год понизилась плотность повреждения на 0.15 это говорит о том, что сеть работает более надежно.

Вторым важнейшим параметром расчета надежности является средняя наработка на отказ. Этот параметр тоже рассчитывается за 2012 и 2013 годы. Для расчета средней наработки на отказ воспользуемся данными в таблицах 7 и 8. Он определяется по формуле:

$$T_0 = T_p / n,$$

Исходя из данных,

n - общее количество повреждений за 2012 год составило 8,

$$n=8$$

T_p – общее время длительности повреждений оптической линии за 2012 год рассчитывается следующим образом

$$T_p = t_{b1} + t_{b2} + t_{b3} + \dots + t_{b8},$$

Исходя из данных

$$T_p = 37.04 \text{ часа}$$

Рассчитав все это мы легко можем рассчитать значение средней наработки на отказ за 2012 год.

$$T_0 = T_p / n,$$

$$T_0 = 4.8 \text{ часа}.$$

Исходя из данных, n - общее количество повреждений за 2013 год составило 6, $n=6$

T_p – общее время длительности повреждений оптической линии за 2013 год рассчитывается следующим образом

$$T_p = t_{b1} + t_{b2} + t_{b3} + \dots + t_{b6},$$

Исходя из данных $T_p = 37.21$ часа

Рассчитав все это мы легко можем рассчитать значение средней наработки на отказ за 2013 год.

$$T_0 = T_p / n ,$$

$T_0 = 6.1$ часа .

Значит, средняя наработка на отказ повысилась за счет продолжительности времени отказа. это говорит об ухудшении надежности по этому параметру.

Еще одним важнейшим параметром расчета надежности является коэффициент готовности K_r . Этот параметр тоже рассчитывается за 2012 и 2013 годы. Для расчета коэффициент готовности воспользуемся выше рассчитанными данными. Он определяется по формуле :

$$K_z = \frac{8760 - m * T_p}{8760} ,$$

где , m – плотность повреждений на один год

T_p - среднее время простоя повреждений

$T_p = 37.21$ часа

8760 – количество часов работы .

Исходя из данных рассчитаем этот коэффициент за 2012 год,

$$K_z = \frac{8760 - m * T_p}{8760}$$

где , m – плотность повреждений за 2012 год , $m=0.29$

T_p - среднее время простоя повреждений

$T_p = 37.04$ часа , 8760 – количество часов работы .

Зная все эти параметры мы можем легко рассчитать значение коэффициента готовности за 2012 год $K_r = 0.9985$

Исходя из данных рассчитаем этот коэффициент за 2013 год ,

$$K_z = \frac{8760 - m * T_p}{8760}$$

где , m – плотность повреждений за 2013 год , $m=0.14$

T_p - среднее время простоя повреждений $T_p = 37.21$ часа

8760 – количество часов работы.

Зная все эти параметры мы можем легко рассчитать значение коэффициента готовности за 2013 год $K_T = 0.9993$.

Значит, коэффициента готовности 2013 году по сравнению с 2012 годом повысился. Надежность магистральной сети Республики Узбекистан в общем смысле улучшилась. Сеть работает более надежно из года год.

ГЛАВА 3. Повышение эксплуатационной надежности СЦИ

1. Предложения по повышению надежности СЦИ

Все мероприятия по повышению надежностью СЦИ производятся на трех этапах :

- ◆ При проектировании
- ◆ При производстве
- ◆ При эксплуатации СЦИ

Опыт развитых промышленных стран показывает, что 70-75% всех мер по обеспечению качества и надежности продукции осуществляется на этапе проектирования, 20-25 % приходится на технологический контроль при производстве, 5-10 % - на контроль и испытание готовой продукции . Вполне понятно, что значительно выгоднее направить основные усилия на создание надежной продукции, чем пытаться поддерживать работоспособность уже изготовленной недостаточно надежной аппаратуры.

На этапе проектирования определяющими факторами будут системно - технические решения, а также оценка и учет производственных и эксплуатационных факторов .

На этапе производство - организация, сложность и стабильность технологических процессов и его контроль.

На этапе эксплуатации - соответствие условий эксплуатации заданным, стратегия и методика эксплуатации, качество эксплуатации, наличие и особенности систем контроля обслуживания и ремонта.

Кроме того, ряд мероприятий по повышению надежности технических устройств при их проектировании и производстве может быть осуществлен лишь на основе эксплуатационных данных.

Схемными методами повышают надежность СЦИ по четырем направлениям.

1. Создание возможно более простых схем.

2. Создание схем с ограниченными последствиями отказов, использования высоконадежных комплектующих.
3. Резервирование элементов, блоков и систем.
4. Создание схем с широкими допусками на параметры элементов и внешние воздействия.

Резервирование является одним из наиболее эффективных и перспективных схемных методов повышения надежности элементов и систем СЦИ.

При проектировании СЦИ большую роль играют конструктивное методы повышения надежности и связанные с ними изменения и совершенствование технологии. Сюда относятся следующие мероприятия:

- ◆ Использование высоконадежных комплектующих элементов в СЦИ;
- ◆ Создание благоприятного режима работы элементов;
- ◆ Правильный подбор параметров элементов ;
- ◆ Принятие мер по облегчению ремонта аппаратуры.

На этапе производства для уменьшения скрытых дефектов в аппаратуре необходимо проводить производственные мероприятия по повышению надежности элементов, блоков и систем, которые можно свести в следующие группы:

- ◆ Совершенствование технологии производства;
- ◆ Автоматизация производства и введение непрерывного контроля технологического процесса, улучшения системы выходного контроля, электрических параметров и функционирования.

На этапе эксплуатации СЦИ для повышения ее надежности должны быть предусмотрены следующие мероприятия:

- ◆ Разработка научных методов эксплуатации;
- ◆ Сбор и обобщение опыта эксплуатации;
- ◆ Проведения оптимальных периодов профилактики СЦИ;
- ◆ Связь с производством и проектировщиками аппаратуры;

- ◆ Повышения квалификации работников.

2. Методы повышения надежности сети в процессе эксплуатации

Обеспечение требуемых показателей надежности оборудования систем и линий передачи осуществляется следующими методами:

- совершенствованием технической эксплуатации систем и линий передачи при их использовании;
- резервированием трактов и каналов для обеспечения передачи информации между любыми сетевыми узлами.

На этапе эксплуатации основное внимание должно уделяться совершенствованию технической эксплуатации систем и линий передачи; рациональному выбору комплекса профилактических мероприятий, осуществляемых техническим персоналом на трактах, каналах и аппаратуре; выбору оптимального комплекта запасных частей и блоков, обеспечивающих заданное значение времени восстановления связи; рациональному построению системы ремонта поврежденных блоков и т. п.

Техническим персоналом в системе технической эксплуатации (ТЭ) предусматривается выполнение следующих функций:

- ◆ обеспечение бесперебойной и высококачественной работы оборудования СП;
- ◆ передача всех видов сообщений с установленным качеством;
- ◆ эксплуатационно-техническое содержание аппаратуры, каналов, трактов и линий передачи в исправном состоянии в пределах норм и требований, установленных научно-технической документацией;
- ◆ локализация и оперативное устранение аварий, отказов, повреждений, возникающих в оборудовании СП;
- ◆ внедрение новых технологических приемов и организационных методов эксплуатации;
- ◆ реализация комплексной системы управления качеством связи в процессе эксплуатации оборудования СП, каналов и трактов;

- ◆ организация и проведение работ по паспортизации оборудования, каналов и трактов в соответствии с действующими положениями, нормами и инструкциями;
- ◆ должное ведение технической документации, проведение учета и анализа качества работы оборудования, каналов и трактов;
- ◆ своевременное представление заявок на оборудование, измерительные приборы, материалы, инструменты, инвентарь, обеспечивающие качественную эксплуатацию оборудования систем и линий передачи, каналов и трактов;
- ◆ обоснованное определения объема и содержания мероприятий, проводимых на различных этапах ТЭ;
- ◆ определение эксплуатационных характеристик и показателей, позволяющих количественно оценить качество ТЭ объекта;
- ◆ исследование факторов, снижающих эффективность и качество ТЭ, разработка мер по улучшению экономических показателей существующих и создаваемых объектов эксплуатации;
- ◆ разработка методов и средств автоматизации ТЭ;
- ◆ разработка и построение сети ТЭ;
- ◆ строгое соблюдение правил техники безопасности при работах по техническому обслуживанию и ремонту оборудования систем и линий передачи, комплексное исследование эргономических и экологических вопросов ТЭ и внедрение их результатов в практику.

Резервирование трактов, каналов, а также отдельных блоков СП сети также является весьма эффективным средством повышения их надежности (при этом возрастают коэффициент готовности и наработка на отказ).

3.Методика повышения надежности СЦИ

Надежность магистральной сети на основе аппаратуры СЦИ обеспечивается надежной работой как станционного оборудования, так и линий связи. Результаты исследования показали что на надежность сети также влияют

и внешние факторы. Для повышения надежности сети надо предотвратить влияние внешних факторов, для этого автор предлагает следующие предложения:

- ◆ Обеспечить ответственные отношения во время внешних организационных работ;
- ◆ Поставить в известность население определенными знаками места прокладки оптического кабеля;

Кроме внешних факторов на надежность сети также влияют и технические факторы внутри станционных оборудовании. Для предотвращения этого автор предлагает следующие предложения:

- ◆ Обеспечить соответствие стандартам проектирования аппаратуры во время проектирование станций;
- ◆ Обеспечить резервирование тех элементов аппаратуры, которые чаще всего выходит из строя;

Нам известно что надежность магистральной сети Республики Узбекистан в основном зависит от надежности волоконно-оптических линии связи.

Надёжность линий связи обеспечивается организационными и техническими мероприятиями, основными из которых являются:

- ◆ применение кабельной продукции и активного оборудования только ведущих изготовителей;
- ◆ выбор элементной базы и технических решений, в наиболее полной степени отвечающим данным конкретным условиям строительства и эксплуатации;
- ◆ резервирование наиболее критичных компонентов кабельной системы с использованием пространственно разнесённых трасс прокладки оптических кабелей;
- ◆ использование средств ограничения доступа посторонних лиц к кабельной системе и оконечному активному оборудованию;

- ◆ применение для прокладки кабельных трасс кабельной канализации, трубной разводки, декоративных коробов и других элементов, обеспечивающих дополнительную защиту от механических повреждений,

Высококачественная и надёжная работа линии оптической связи достигается постоянным техническим надзором за её состоянием, систематическим выполнением профилактических мероприятий по предупреждению повреждений и аварий, своевременным устранением возникающих неисправностей.[23]

3.1.Контроль надёжности оптических кабелей

Одним из аспектов идентификации ОК как объекта надёжности является установление следующего свойства: ведёт или нет к катастрофическим последствиям переход объекта в предельное состояние. С этим свойством связан выбор показателя долговечности: среднего или гамма-процентного срока службы. Критерием свойства "не ведёт к катастрофическим последствиям" служит переход в предельное состояние без опасности для жизни и здоровья людей, при незначительных или умеренных экономических потерях. В этом случае оценивается средний срок службы. Если переход в предельное состояние сопровождается катастрофическими потерями, то используется гамма-процентный срок службы.

В зависимости от назначения и условий эксплуатации ВОЛС с данным ОК может иметь место как один, так и другой вид рассматриваемого свойства. Очевидно, что для большинства ОК, применяемых в ВОЛС, в качестве показателя долговечности достаточен средний срок службы.

Волоконно-оптические кабели рассчитаны на эксплуатацию в течение 25 лет, причём весь этот срок оптическое волокно должно сохранять свои свойства неизменными. Основное условие - отсутствие механических напряжений в волокнах, уложенных в кабель. Срок службы ОК определяется процессом

роста в них микроскопических трещин. Если волокно подвержено натяжению, то трещина начинает лавинообразно расти и ОВ разрывается.

В мировой практике имеются случаи, когда при прокладке оптического кабеля возникали непредвиденные обрывы волокон, что было вызвано чрезмерным натяжением волокон в кабеле. Это стимулировало проведение исследований тонких оптических эффектов в волокне.[12]

Кроме того, здесь большое количество линий связи построено по подвесной технологии, поэтому подвержено избыточным нагрузкам вследствие ветра и обледенения. Кабельные коллекторы часто проходят вблизи транспортных магистралей и подвергаются вибрациям, на подземные кабели могут оказывать воздействие техногенные деформации грунта вблизи мостов и небоскребов. В таких экстремальных условиях необходима проверка параметров надёжности ВОЛС с помощью достоверных измерений.

4. Методы обеспечения надёжности ВОСП

Одним из методов повышения надёжности ВОСП является выбор архитектуры сети. Рассмотрим принципы реализации архитектуры сетей на примере сетей СЦИ. Существует определенный набор структур, обеспечивающих построение сетей СЦИ. Общим признаком всех этих структур является наличие возможностей для обеспечения отказоустойчивости сети. Можно указать на 3 основных подхода: резервирование по разнесенным трассам по схеме 1+1, организация кольцевых сетей и создание ячеистых структур на основе аппаратуры оперативного переключения.

Остановимся подробнее на каждом из указанных методов:

• простейшее соединение «точка-точка по схеме 1+1 (рис.6. а) может быть выполнено путем соединения двух терминальных мультиплексоров, соединенных между собой двумя кабелями по территориально разнесенным трассам, по которым передается один и тот же сигнал. Эта базовая топология может быть использована и при передаче по двум ниткам волокна в одном кабеле. В случае выхода из строя одного направления передачи автоматика переведет связь на резервное направление.

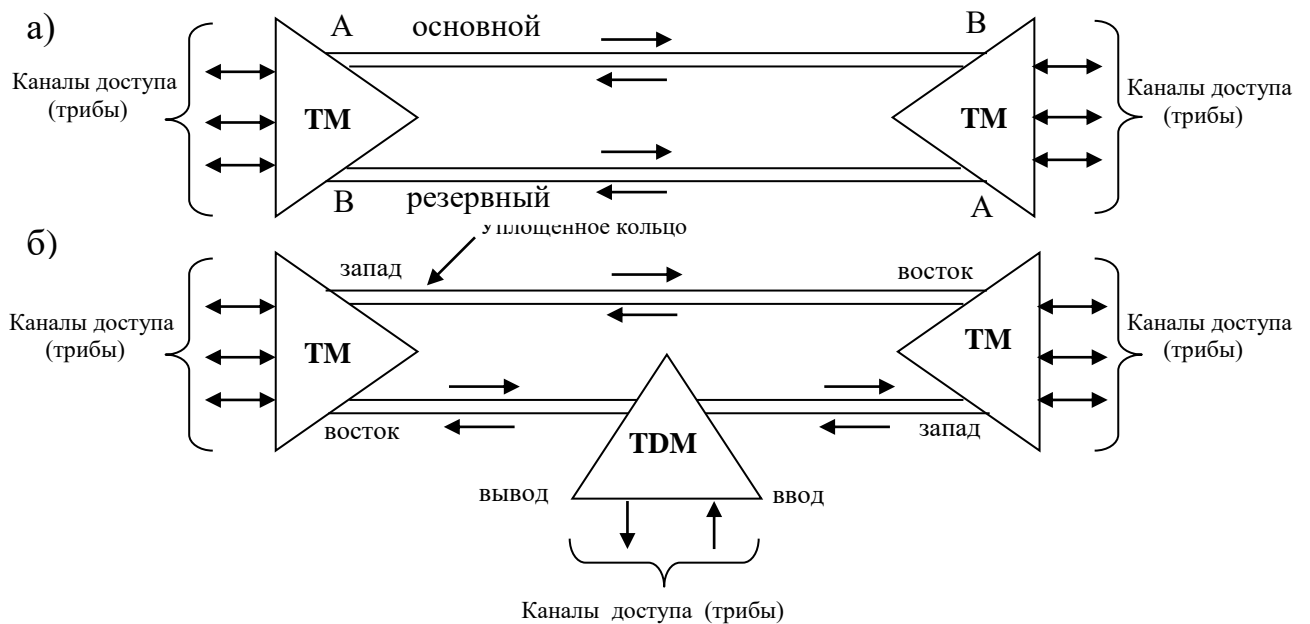


Рис.6. а) Топология «точка-точка» по схеме 1+1;

б) Топология «последовательная линейная цепь» с защитой 1 + 1.

Такая же топология может быть использована и тогда, когда существует необходимость в ответвлении части каналов на трассе, для чего на линии устанавливаются мультиплексоры ввода-вывода при сохранении 100% резерва (рис.6. б).

• одной из наиболее распространенных структур, получивших распространение как в городских, так и в зонавых и магистральных сетях связи, являются кольцевые структуры. Основными вариантами здесь являются однонаправленные и двунаправленные кольца на двух волокнах, реже применяются двунаправленные кольца на 4-х волокнах. Использование

кольцевых структур связано с подключением к ним мультиплексов ввода-вывода, благодаря которым такие структуры приобретают возможность отказоустойчивости.[16]

Идея однонаправленного кольца заключается в том, что каждый входной поток направляется в кольцо в обоих направлениях (по 2-м световодам), а для использования выбирается один из потоков. В случае отказа в действующем потоке, происходит переключение на второе волокно (рис.7). В двунаправленном кольце один и тот же поток передается в обоих направлениях (как и в однонаправленном кольце), но при аварийном режиме (отказе участка линии или повреждении мультиплексора) этот вариант предусматривает защиту, либо путем переключения потока в обратном направлении, либо путем организации обходного пути (рис.8).

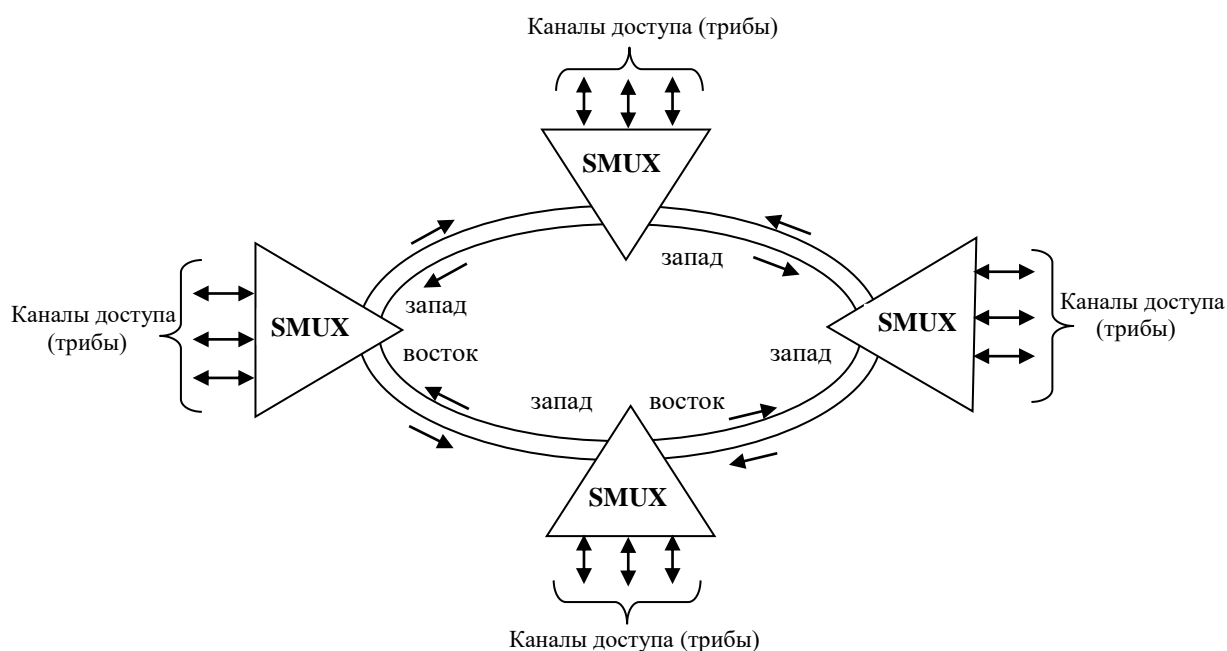


Рис.7. Топология «кольцо» с защитой 1+1.

Двунаправленное кольцо с четырьмя волокнами обеспечивает как возможности двунаправленного кольца с 2-мя волокнами, так и возможность замены одной пары волокон двумя другими в случае отказа. Однако этот вариант обойдется значительно дороже.

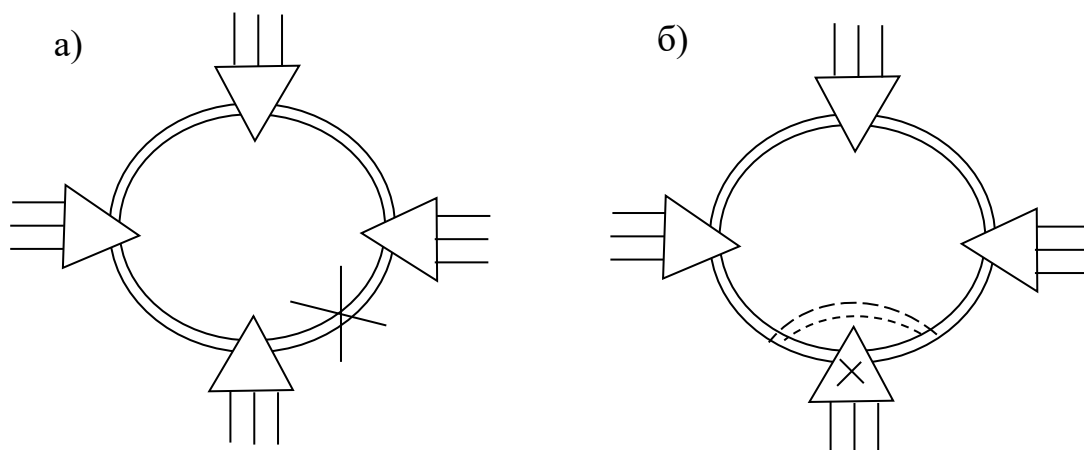


Рис.8. Методы защиты двойного кольца:

- а) путем исключения поврежденного участка;
- б) путем организации обходного пути.

• сети с произвольной структурой построения могут быть, основаны на использовании аппаратуры оперативного переключения (АОП). АОП дает возможность устанавливать соединения на первичной сети по командам оператора с использованием средств управления сетью. С помощью АОП возможны переключения с учетом резервов пропускной способности работоспособных линий при отказе какой-нибудь из них.

Ячеистая структура на АОП с внешним подключением колец показана на рис.9. Ячеистая структура на АОП выделена пунктиром. SDXC - система кросс-коммутации потоков СЦИ.

Изменение конфигурации сети связано с отказом линии любого направления в ячеистой структуре. Здесь возможна защита не только в случае одиночного отказа, но и одновременного отказа нескольких элементов (рис.10).

Процедуры реконфигурации сети могут быть централизованными и децентрализованными. В первом случае решение об изменении конфигурации выполняет единый центр управления сетью. Сложность здесь в том, что может произойти отказ самого устройства, а также в возможности искажения информации, направленной от центра управления и к нему с периферии. Распределенная процедура реконфигурации связана со

взаимодействием АОП узлов, невозможности из-за ограниченного времени принять наиболее оптимальное решение.

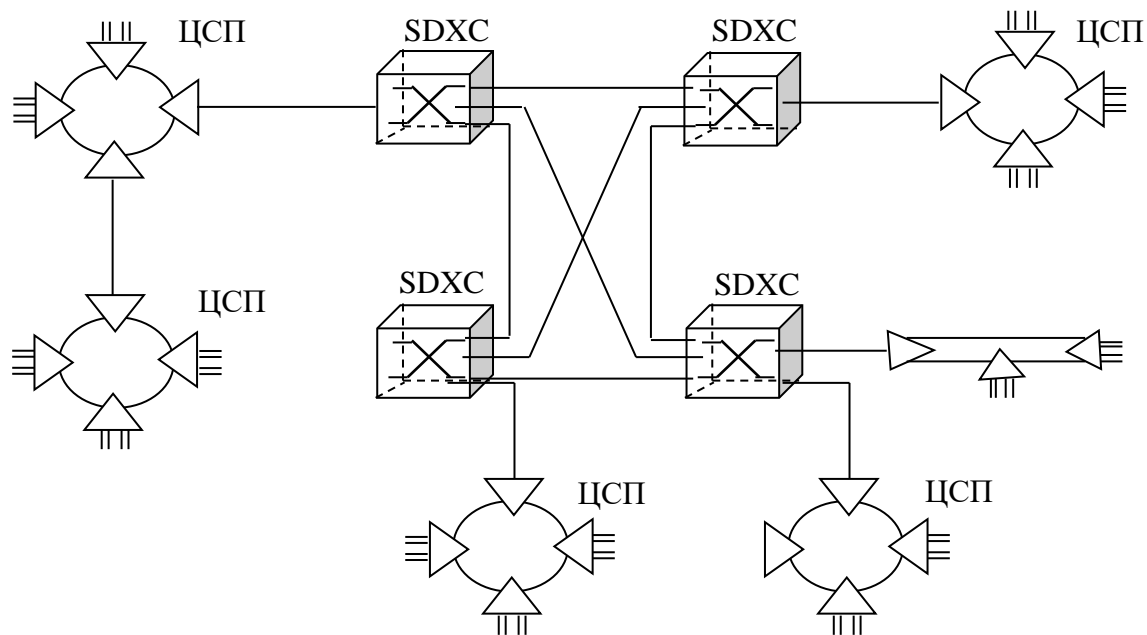


Рис.9. Разветвленная сеть СЦИ с каскадно-кольцевой и ячеистой структурой.

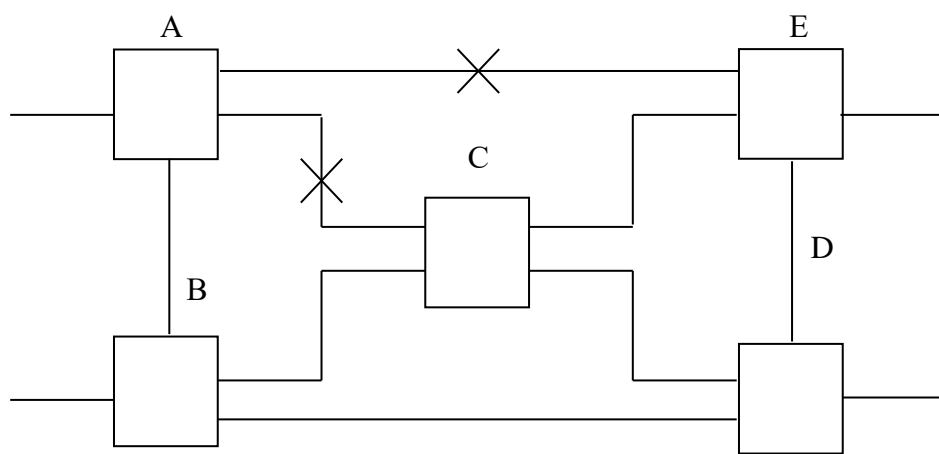


Рис.10. Сеть на основе АОП в аварийном режиме.

(Повреждены линии между АЕ и АС. В наличии остается ряд резервных соединений для установки соединения между любыми пунктами).

ГЛАВА 4. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ И ОХРАНЫ ТРУДА

Разработанный проект содержит оборудование, представляющее потенциальную опасность для здоровья человека.

В состав оборудования проекта входят:

- источники бесперебойного питания (ИБС);
- активное коммутационное оборудование;
- оптоволоконные трансиверы и конвертеры;

Питание ИБС и активного оборудования производится от сети переменного тока с напряжением 220 В и частотой 50 Гц. Оптоволоконные трансиверы и конвертеры генерируют монохроматическое остронаправленное излучение с длиной волны $\lambda =$ от 1260 до 1690 нм.

Возможные воздействия на организм человека могут быть следующие:
оптическое излучение непосредственно из лазера, а так же из ОВ;
возможность поражения электрическим током.

Общие сведения

Лазерное излучение: $\lambda = 0,2 - 1000$ мкм.

Основной источник - оптический квантовый генератор (лазер).

Особенности лазерного излучения - монохроматичность; острая направленность пучка; когерентность.

Свойства лазерного излучения: высокая плотность энергии: 1010-1012 Дж/см², высокая плотность мощности 1020-1022 Вт/см².

По виду излучение лазерное излучение подразделяется:

- прямое излучение;
- рассеянное;
- зеркально-отраженное;
- диффузное.

По степени опасности:

Неопасные для человека

Опасные

Биологические действия лазерного излучения зависят от длины волны и интенсивности излучения, поэтому весь диапазон длин волн делится на области:

- ультрафиолетовая 0.2-0.4 мкм
- видимая 0.4-0.75 мкм
- инфракрасная:
- ближняя 0.75-1
- дальняя свыше 1.0

Вредные воздействия лазерного излучения.

- термические воздействия
- энергетические воздействия (+ мощность)
- фотохимические воздействия
- механическое воздействие (колебания типа ультразвуковых в облученном организме)
- электрострикционное (деформация молекул в поле лазерного излучения)
- образование в пределах клеток микроволнового электромагнитного поля

Вредные воздействия оказывает на органы зрения, а также имеют место биологические эффекты при облучении кожи.

Нормирование лазерного излучения. СН 23- 92- 81 Нормируемый параметр — предельно - допустимый уровень (ПДУ) лазерного излучения при $\lambda=0.2-20$ мкм и кроме этого регламентируется ПДУ на роговице, сетчатке, коже.

ПДУ — отношение энергии излучения, падающей на определенные участки поверхности к площади этого участка [Дж/см²]

ПДУ зависит от:

- длины волны лазерного излучения [мкм]
- продолжительности импульса [сек]

- частоты повторения импульса [Гц]
- длительности воздействия [сек]

Меры защиты от воздействия лазерного излучения. Наиболее распространенным из технических мер являются :

- экранирование (рабочее место, лазерное излучение)
- блокировка, с помощью которых, лазер приводится в рабочее положение если экран на месте.

Аппаратура контроля: лазерные дозиметры.

Инфракрасное излучение. 760 — 1500 н/м.

Поддиапазоны:

Таблица X Поддиапазоны ИФ излучения

A — 760 нм — 540 мкм.	коротковолновая область ИФ изл.
B — 1500 н/м — 3000 н/м	длинноволновая область ИФ изл.
C — свыше 3000 н/м	

Истинным ИФ излучением являются нагретые поверхности. (> 0°C). ИФ излучения играют важную роль в теплообмене человека с окружающей средой - терморегуляции организма человека. В области А ИФ излучение обладает следующими вредными воздействиями :

Большая проникающая способность через поверхность кожи.

Поглощение кровью и подкожной жировой клетчаткой.

На органы зрения (хрусталик → помутнение).

Воздействие ИФ излучения оценивается плотностью потока энергии на рабочем месте. Защита от воздействия ИФ излучения:

Снижение ИФ в источнике.

Ограничение по времени пребывания.

Защита расстоянием.

Индивидуальная защита.

Экранирование (тепло-изолирующие материалы).

Воздушное душирование.

Вентиляция.

Приборы контроля ИФ:

Актинометр (1 — 500) Вт/м² .

Радиометры.

Спектрорадиометр.

Радиометр оптического излучения.

Дозиметр оптического излучения.

Требование безопасности при эксплуатации лазерных приборов

Под лазерными изделиями в последующем понимаем электронно-оптические и оптические элементы, допускающие возможность выхода лазерного излучения наружу.

Используемые лазерные изделия можно отнести к классу 1. Наиболее безопасными как по своей природе (ПДУ облучения никак не может быть превышен), так и по конструктивному исполнению являются лазерные приборы класса 1. В связи с таким двойным подходом допустимые пределы излучения (ДПИ) лазерных приборов класса 1 в спектральной области от 0.4 до 1.4 мкм, для которой возможно как точечное, так и протяженное повреждение сетчатки, характеризуются значениями в двух аспектах — энергетическом (в ваттах или джоулях) и яркостном.

Физиологические эффекты при воздействии лазерного излучения на человека.

Непосредственное воздействие на человека оказывает лазерное излучение любой длины волны, однако, в связи со спектральными особенностями поражаемых органов и существенно различными предельно допустимыми дозами облучения обычно различают воздействие на глаза и кожные покровы человека.

Воздействие лазерного излучения на органы зрения

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

Невидимое УФ ($0.2 < \lambda < 0.4$ мкм) или ИК излучение ($1.4 < \lambda < 1000$ мкм) практически не доходит до сетчатки и потому может повреждать лишь наружные части глаз человека: УФ излучение вызывает фотокератит, средневолновое ИК излучение ($1.4 < \lambda < 3$ мкм) — отек, катаракту и ожог роговой оболочки глаза; дальнейшее ИК излучение ($3 \text{ мкм} < \lambda < 1 \text{ мм}$) — ожог роговицы.

Требования к размещению лазерных изделий

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

Траектория прохождения лазерного пучка должна быть заключена в оболочку из несгораемого материала или иметь ограждение, снижающие уровень лазерного излучения до ДПИ и исключающие попадание лазерного пучка на зеркальную поверхность. Открытые траектории в зоне возможного нахождения человека должны располагаться значительно выше уровня глаз. Минимальная высота траектории 2,2 м.

Рабочее место должно быть организовано таким образом, чтобы исключать возможность воздействия на персонал лазерного излучения или чтобы его величина не превышала ДПИ для первого класса.

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

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

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

- оптимальные – исключают воздействие на персонал лазерного излучения;
- допустимые – уровень лазерного излучения, воздействующего на персонал, меньше ПДУ установленного СанПиН 5804;
- вредные и опасные – уровень лазерного излучения, воздействующего на персонал, превышает ПДУ.

Выполнение требований безопасности должно обеспечивать исключение или максимальное уменьшение возможности облучения персонала лазерным излучением, а также воздействия на него других опасных факторов.

К ремонту, наладке и испытаниям лазерных изделий допускаются лица, имеющие соответствующую квалификацию и прошедшие инструктаж по технике безопасности в установленном порядке.

К работе с лазерными изделиями допускаются лица, достигшие восемнадцати лет, не имеющие медицинских противопоказаний, прошедшие курс специального обучения работе с конкретными лазерными изделиями и аттестацию на группу по охране труда при работе на электроустановках с соответствующим напряжением.

При эксплуатации изделий выше класса 2 должно назначаться лицо, ответственное за охрану труда при их эксплуатации.

Лазерные изделия, находящиеся в эксплуатации, должны подвергаться регулярной профилактической проверке. При проведении профилактической проверки следует обращать особое внимание на безотказность работы всех защитных устройств, надёжность заземления.

Оценка степени опасности лазерного излучения осуществляется путём его дозиметрического контроля. Измерение параметров лазерного излучения проводят на рабочих местах и в местах возможного нахождения людей.

Контроль параметров лазерного излучения следует проводить:

- при приёме в эксплуатацию новых лазерных изделий классов 3А, 3В, 4;
- при внесении изменений в конструкцию лазерных изделий;
- при изменении конструкции средств коллективной защиты;
- при организации рабочих мест;
- при сертификации лазерных изделий;
- при плановом контроле.

Проводятся два вида дозиметрического контроля:

- предупредительный – определение значения энергетических параметров лазерных изделий в точках границы рабочей зоны, находящейся на минимально возможных расстояниях от источника излучения.
- индивидуальный – измерение величины энергетического излучения, воздействующего на глаза (кожу, рожу) конкретного работающего в течении рабочего дня; при работе на открытых лазерных изделиях (экспериментальные стенды), а также в тех случаях, когда не исключено случайное воздействие лазерного излучения на глаза, кожу.

В зависимости от вида дозиметрического контроля измеряются следующие энергетические параметры лазерного излучения:

- при предупредительном и индивидуальном контроле:
- максимальное за время контроля значение одиночного импульса из серии импульсов излучения, проходящего через ограничивающую апертуру $W(\tau)_{max}, ДЖ$;
- максимальное за время за время контроля значение энергетической экспозиции от одиночного импульса или от импульса из серии импульсов

излучения, проходящего через ограничивающую апертуру $H(\tau)_{max}, \text{Дж} \cdot \text{м}^{-2}$ или Дж см^{-2} ;

- максимальное за время контроля значение средней мощности непрерывного излучения, проходящего через ограничивающую апертуру

$P_{max}, \text{Вт}$;

- максимальное за время контроля значение облучённости от непрерывного излучения, проходящего через ограничивающую апертуру

$E_{max}, \text{Вт} \cdot \text{м}^{-2}$ или Вт м^{-2} .

- при индивидуальном контроле:

- суммарное значение энергии (энергетической экспозиции) всех импульсов в серии импульсов излучения, проходящего через ограничивающую апертуру $W(t_c), \text{Дж}$; $H(t_c), \text{Дж} \cdot \text{м}^{-2}$ или $\text{Дж} \cdot \text{см}^{-2}$

- суммарное значение энергетической экспозиции за рабочий день $H_{\Sigma} (3 \cdot 10^4), \text{Дж} \cdot \text{м}^{-2}$

Диаметр ограничивающей апертуры равен 7 мм при дозиметрическом контроле лазерного излучения с длинами волн 0,38...1,40 нм и 1,1 мм для других диапазонов волн.

Индивидуальный дозиметрический контроль предусматривает также (при необходимости), измерение длительности воздействия непрерывного излучения τ , а также количество импульсов в серии импульсно-модулированного излучения N и длительность серии t_c , с.

При дозиметрическом контроле лазерного излучения в спектральном диапазоне 0,38...1,40 нм при необходимости в точке контроля дополнительно измеряется видимый угловой размер источника излучения α , радиан с целью определения ПДУ.

Дозиметры лазерного излучения должны отвечать следующим дополнительным требованиям:

- обеспечивать прямые измерения энергетических параметров излучения;

- иметь нормированные площадь и диаметр отверстий ограничивающей апертуру.

Дозиметры должны быть отградуированы в единицах энергии (Дж) и мощности (Вт), допускается также градуировка в единицах энергетической экспозиции (Дж м⁻² или Дж см⁻²) и облучения (Вт м⁻² или Вт см⁻²).

Требование по электробезопасности

Используемое оборудование должно быть сконструировано и изготовлено таким образом, чтобы гарантировать защиту персонала при эксплуатации, а также при возникновении неисправностей от поражения электрическим током.

Элементы конструкции, с которыми соприкасается оператор во время работы оборудования, рекомендуется выполнять из диэлектрического материала или наносить на них защитное диэлектрическое покрытие.

Оборудование в целом, а также отдельные блоки должны иметь специальные клеммы или другие приспособления для подсоединения заземляющих или зануляющих проводников.

Все токопроводящие части оборудования должны быть ограждены и размещены таким образом, чтобы исключалась возможность прикосновения к ним при эксплуатации.

Изоляция оборудования должна обладать достаточной диэлектрической прочностью, предотвращающей пробой, а так же достаточным электрическим сопротивлением, препятствующим появлению чрезмерных токов утечки и возникновению теплового пробоя.

В случае неисправности должна быть предусмотрена возможность немедленного отключения оборудования от первичного источника питания посредством устройства отключения питания. Если устройство отключения питания не удовлетворяет этому условию, следует предусмотреть устройство аварийной защиты.

В случае если в состав лазерного устройства не входит источник питания, необходимый для лазерной генерации, в технической документации (ТУ, паспорт) должны быть указаны требования, предъявляемые к источнику питания по его совместимости с лазерными изделиями в целях обеспечения безопасности.

Оборудование, при необходимости, должно иметь предупреждающий знак возможности поражения электрическим током.

Заключение

Технология синхронной цифровой иерархии позволяет создавать надежные транспортные сети и гибко формировать цифровые каналы в широком диапазоне скоростей - от нескольких Мегабит до десятков Гигабит в секунду. Основная область ее применения - первичные сети операторов связи. Мультиплексоры СЦИ с волоконно – оптическими линиями связи между ними образуют среду, в которой администратор сети СЦИ организует цифровые каналы между точками подключения абонентского оборудования или оборудования вторичных (наложенных) сетей и сетей самого оператора – телефонных сетей и сетей передачи данных. Технология СЦИ находит также спрос в крупных корпоративных и ведомственных сетях, когда имеются технические и экономические предпосылки создания собственной инфраструктуры цифровых каналов, например в сетях предприятий энергетического комплекса или железнодорожных компаний.

Современный этап развития любого государства в первую очередь характеризуется уровнем развития телекоммуникационной инфраструктуры. Поскольку эта инфраструктура обеспечивает обмен и доступ к информационным ресурсам, что позволяет оперативно решать задачи, возникающие в производственных процессах и повседневной деятельности. В свою очередь развитие телекоммуникационных сетей и информационных систем характеризуется широкой информационной интеграцией. Существенное расширение спектра запрашиваемых пользователями услуг и требование заданного качества обслуживания обусловило необходимость перехода к интегрированной передаче и коммутации различных видов информации, включая речь, качественное видео, данные, графическую и высококачественную аудиоинформацию в рамках единой цифровой сети с интеграцией служб. Процессы либерализации в мировой телекоммуникационной системе сопровождаются не только интеграцией национальных телекоммуникационных систем, но и

внутринациональной конвергенцией телекоммуникаций и информатизации сложных информационных технологий. В Узбекистане, где успешно идут процессы приватизации и институциональных преобразований, в телекоммуникационной отрасли также идет этап активных рыночных изменений.

Все мероприятия по повышению надежности СЦИ производятся на трех этапах:

- ◆ При проектировании
- ◆ При производстве
- ◆ При эксплуатации СЦИ

Опыт развитых промышленных стран показывает, что 70-75% всех мер по обеспечению качества и надежности продукции осуществляется на этапе проектирования, 20-25 % приходится на технологический контроль при производстве, 5-10 % - на контроль и испытание готовой продукции. Вполне понятно, что значительно выгоднее направить основные усилия на создание надежной продукции, чем пытаться поддерживать работоспособность уже изготовленной недостаточно надежной аппаратуры.

Современный этап развития отрасли характеризуется динамичным развитием средств передачи информации, внедрением новых телекоммуникационных технологий, сопровождаемых увеличением пропускной способности организуемых на сети каналов и трактов, а также ужесточением требований к качеству их функционирования и предоставляемых услуг. Сегодня одной из основных задач при технической эксплуатации сетей связи является обеспечение этих требований.

На сегодняшний день становится более актуальной задача надежности работы этих сетей. Комплексный анализ процесса повышения эксплуатационной надежности позволяет сделать вывод и сформулировать ряд предложений практического характера, устойчивых и стабильно, с целью повышения надежности сети.

Для большей определённости и конкретизации различают следующие разновидности надёжности: эксплуатационную и техническую.

Под *эксплуатационной надёжностью* понимается надёжность, определяемая в реальных условиях эксплуатации с учётом комплексного воздействия внешних и внутренних факторов, связанных с климатическими и географическими особенностями эксплуатации, реальными режимами работы системы и условиями её обслуживания.

Под *технической (номинальной) надёжностью* понимается надёжность, определяемая путём испытания в заводских условиях при работе аппаратуры в соответствии с типовыми режимами, оговорёнными в технических условиях.

В приведённом ранее определении надёжности не отражены те конкретные свойства, наличие которых обеспечивает выполнение системой (элементом) заданных функций. Такими свойствами являются: сохранение работоспособности, быстрое восстановление после отказа и продолжительность службы. В связи с этим общую надёжность можно понимать как совокупность трёх свойств: безотказность, восстанавливаемость и долговечность.

Безотказность в реальном случае понимается как свойство системы (элемента) непрерывно сохранять работоспособность в течение заданного времени в определённых условиях эксплуатации. Она характеризуется закономерностями возникновения отказов.

Восстанавливаемость - это приспособленность системы к обнаружению и устранению отказов с учётом качества технического обслуживания; она характеризуется закономерностями устранения отказов.

Долговечность - это свойство системы длительно сохранять работоспособность в определённых условиях; количественно характеризуется продолжительностью периода практического использования системы от начала эксплуатации до момента технической или экономической нецелесообразности дальнейшей эксплуатации.

Вторым важнейшим понятием в теории надёжности является понятие отказа. *Отказом* называется нарушение нормальной работы, при котором

система (элемент) полностью или частично теряет способность выполнять заданные функции вследствие выхода из установленных допусков значений одного или нескольких параметров.

Под отказом следует понимать не только полное нарушение работоспособности системы (элемента), но и ухудшение её основных качественных показателей до уровня ниже установленных пределов.

В первой главе рассматриваются сети телекоммуникации на базе аппаратуры СЦИ. Рассматриваются особенности построения аппаратуры СЦИ, ее достоинства и недостатки, а также области применения технологии СЦИ. В главе приведены магистральные сети Республики Узбекистан. Дано построение сети ТАЕ ВОЛС в некоторых точках Узбекистана, также приведен обзор о построении магистральной сети Узбекистана на базе аппаратуры СЦИ. В главе указаны показатели надежности, также дано понятие о расчете надежности. Кроме этого приведено определение показателей надежности по эксплуатационным данным.

В свете вышесказанного необходимо провести комплексный анализ эксплуатационной надежности СЦИ. Нужно оценить какие факторы влияют на данный показатель функционирования СЦИ, выяснить механизм и нормы их проявления, определить условия системы ресурсного регулирования и в конечном итоге, выработать рекомендации для отечественных операторов связи.

Целесообразно использовать системный подход, анализ и синтез, статистические методы обработки информации, включающие группировку данных, использование относительных величин, методику расчетов показателей надежности, что позволит в совокупности обеспечить достоверность и обоснованность выводов и предложений.

Во - второй главе рассмотрены методы обеспечения проектной надежности в условиях эксплуатации. Детально рассмотрены надежности элементов аппаратуры СЦИ по отдельности, приведены достоинства и

недостатки. Кроме этого приведен расчет показателя надежности на магистральной сети Республики Узбекистан. Проанализированы результаты исследования, определены основные факторы влияющие на надежность сети и приведены причины их возникновения. Приведен сравнительный анализ определенного периода по статистическим данным.

В качестве объекта диссертационного исследования автор воспользовался магистральной сетью Республики Узбекистан.

Основой исследования является периодичность повреждений. Статистический анализ данных из филиала «Телекоммуникация транспорт тармоқлари» за период 2012 и 2013 год позволил выявить причины отказов, длительность времени этих отказов, а также ознакомиться с участками мест повреждений.

Одним из важнейших параметров для расчета надежности является плотность повреждений на один год. Зная повреждения системы по месяцам необходимо определить плотность повреждения за год для того чтобы оценить среднее состояние надежности сети за этот период.

Также определяется средняя наработка на отказ T_0 . Средняя наработка на отказ это среднее число часов работы между двумя соседними отказами.

Для определения надежности магистральной сети необходимо рассчитать коэффициент готовности этой сети. Под коэффициентом готовности понимается характерная надежность сети за определенный период времени. Коэффициент готовности - это вероятность того что система находится в работоспособном состоянии.

Расчет плотности повреждений за определенный период времени

$$m = \frac{N * 100}{k * l}$$

Расчет средней наработки на отказ за определенный период времени

$$T_0 = T_p / n ,$$

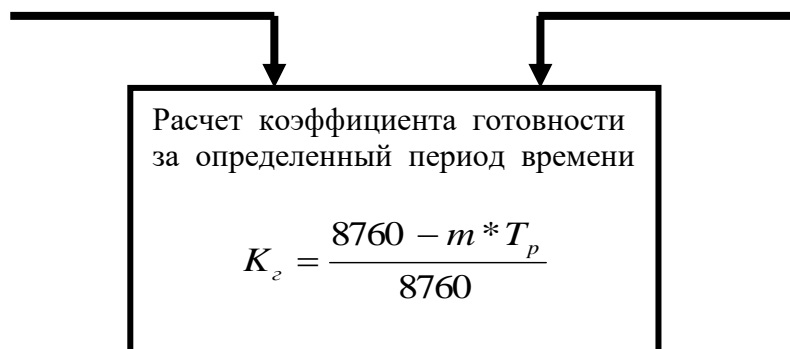


Рис 11. Расчет параметров надежности.

Проведенные расчеты показывают высокую надежность аппаратуры СЦИ на магистральной сети Республики Узбекистан. Исходя из этих расчетов и анализов автор сделал следующие выводы:

- ◆ На надежность магистральной сети Республики Узбекистан влияют как внешние так и технические факторы. Надежность сети за 2013 год по сравнению с 2012 годом улучшилась за счет уменьшения количества повреждений из-за внешних факторов;
- ◆ Плотность повреждений уменьшилась, это тоже говорит об улучшении надежности работы магистральной сети Республики Узбекистан;
- ◆ Коэффициент готовности в 2013 году составил 0.9993, то и есть сеть за этот период была почти полностью готова к эксплуатации.

В - третьей главе рассмотрена надежность аппаратуры СЦИ на магистральной сети Узбекистан и приведены методы повышения эксплуатационной надежности сети. Также сделаны выводы по расчетам показателей эксплуатационной надежности и по анализам факторов влияющих на надежность аппаратуры СЦИ на магистральной сети Республики Узбекистан. Приведены предложения по повышению надежностью магистральной сети и приведены выводы.

Так как волоконно-оптическая кабельная система является наиболее важной магистральной линией, то в случае, если даже один участок линии выходит из строя, это повлечет за собой серьезные потери.

Следовательно, профилактическое обслуживание является наиболее важным пунктом для предотвращения повреждений волоконно-оптических линий. В частности, внешние линии, которые обслуживаются подвергаются внешним воздействиям, таким как погодные условия, различные внешние повреждения и после этого происходит изменения внешних линий. Для профилактики повреждений предложены следующие меры:

- ◆ Ежедневное наблюдение за внешними линиями;
- ◆ Ответственное отношение во время прокладки кабеля: избегать различных изгибов и соответствие инструкции по прокладке кабеля;
- ◆ Периодические проверки;
- ◆ Обзор и контроль о повреждениях и проверках;
- ◆ Резервирование наиболее критичных компонентов кабельной системы с использованием пространственно разнесённых трасс прокладки оптических кабелей.

Обеспечение требуемых показателей надежности оборудования систем и линий передачи осуществляется следующими методами:

- совершенствованием технической эксплуатации систем и линий передачи при их использовании;
- резервированием трактов и каналов для обеспечения передачи информации между любыми сетевыми узлами.

На этапе эксплуатации основное внимание должно уделяться совершенствованию технической эксплуатации систем и линий передачи; рациональному выбору комплекса профилактических мероприятий, осуществляемых техническим персоналом на трактах, каналах и аппаратуре; выбору оптимального комплекта запасных частей и блоков, обеспечивающих заданное значение времени восстановления связи; рациональному построению системы ремонта поврежденных блоков и т. п.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРА

1. Айзман М.И., Громов А.Н., Голышко А.В. Универсальная телекоммуникационная сеть в Москве// Электросвязь.– 1998.№4.-С.18-22.
2. Алексеев Е.Б. Надежность ВОСП: методика инженерного расчета и проектирования // Вестник связи.1996.№5.-С.26-34.
3. Бакланов И.Г. Технология измерений в современных телекоммуникациях. М.: Эко-Трендез, 1997. 140 стр.
4. Берганов И.Р., Вишневецкий А.Г. Сборник описаний лабораторно-практических работ по дисциплине «Высокоскоростные ВОСП» (для магистров) Т.: ТЭИС, 2001 г. -59 стр.
5. Берганов И.Р., Ларичев В.Н., Крухмалёв В.В. Проектирование и техническая эксплуатация систем передачи. М.: Радио и связь, 1989. - 272стр.
6. Берлин Б.З., Ларичев Н.И., Ревелова З.Б. Разработка и внедрение системы управления на принципах TMN. // Вестник связи. -1999.№12.- С.57-61.
7. Борисов А.А., Горбачева В.М., Карташов Г.Д., Маттынова М.Н., Прытков С.Ф. Надежность зарубежной элементной базы// Зарубежная радиоэлектроника. -2000. №5.-С.34-53.
8. Булгак В.Б., Варакин Л.Е., Крупнов А.Е. Основы управления связью Российской Федерации. –М.: Радио и связь, 1998. -184 стр.
9. Варакин Л.Е., Козелев А.И. Надежность глобального цифрового кольца связи // Электросвязь. -1994.№6.-С.2-5.
10. Волоконно-оптические системы передачи: Курс лекций Берганов И.Р., Вишневецкий А.Г. –Т.: ТЭИС, 2000. -72стр.
11. Вощинин А.П., Улановская Л.Л. Аспекты надежности синхронизации// Вестник связи. -2000.№11.-С.54-58.

12. Гордиенко И.Р., Крухмалев В.В., Иванов В.И. Проектирование и техническая эксплуатация систем передачи. –М.: Радио и связь, 1996. - 344стр.
13. Закумбаева З.А. Современные системы управления сетями связи //Вестник связи. -2000.№1.-С.33-34.
- 14.Зеленяк-Кудрейко И.В., Костомаров Н.В. Восстановление синхронизация в SDH сетях //Вестник связи. -1998 №1.-С.36-39.
15. Крейнин Р.Б., Воронцов А.С. «РОСТЕЛЕКОМ» в начале XXI века направления развития телекоммуникационной сети //Электросвязь. - 2000.№8.-С.7-11.
16. Надежность технических систем Справочник Ю.Г., Беляев В.А. Богатырев В.В., Болошин и др.; Под ред. И.А. Ушакова –М.: Радио и связь, 1985.-608 стр.
17. Нетес В.А. Типичные недостатки при проектирование сетей SDH //Вестник связи. -2000.№4.-С.82-85.
18. Новичков А.Н. Open View Communication – шаг на встречу конвергенции //Сети и системы связи. 2000.№14.-С.18-19.
19. Питерских С.Э., Спиридонов В.Н., Трещиков В.Н. Новые технологии в оценке эксплуатационной надежности ВОЛП //Электросвязь.-2000. №8.-С.20.
20. Семенов А.Б. Волоконная оптика в локальных и корпоративных сетях связи –М.: КомпьютерПресс,1998.-302стр.
21. Слепов Н.Н. Синронные цифровые сети SDH –М.: Эко-Трендз, 1999.- 136 стр.
22. Спиридонов В.Н., Седых Д.А. Контроль надежности оптических кабелей //Вестник связи. -1999.№5.-С.47-49.
23. Шаршаков А. WDM успехи и проблемы// Сети.-1999.-№4.-С.14-22.
24. Касымов С.С, Васильев В.Н. Волоконно оптические линии связи.- Т.:ТЭИС, 2002.-С.5-15.

25. Оценка надежности радиоэлектронной аппаратуры и интегральных микросхем. Т.:ТЭИС, 1997.-С.42-43.
26. Джурабоев А. Телекоммуникации Республики Узбекистан в процессе глобализации мировой экономики. Электросвязь.-2001. №10.-С.20.
27. Воздвиженский Ю. М., Иванов В. К. Экология и безопасность жизнедеятельности: методические указания для разработки главы в дипломных проектах. СПбГУТ. Спб, 2005
- 28 <http://www.tuit.uz>
- 29 <http://www.natlib.uz>
- 30 <http://www.softintegro.ru>
- 31 <http://www.sitforum.ru>
- 32 <http://www.www.compnets.narod.ru>