

**МИНИСТЕРСТВО ПО РАЗВИТИЮ  
ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И  
КОММУНИКАЦИЙ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН**

**НУКУССКИЙ ФИЛИАЛ ТАШКЕНТСКОГО  
УНИВЕРСИТЕТА ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ  
ИМЕНИ МУХАММАДА аЛ - ХОРАЗМИЙ**

**ФАКУЛЬТЕТ «КОМПЬЮТЕРНЫЙ ИНЖИНИРИНГ»**

**КАФЕДРА ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫЙ ИНЖИНИРИНГ**

**ВЫПУСКНАЯ  
КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА**

**на тему «ПРОЕКТИРОВАНИЕ IP – СЕТИ ПОВЕРХ  
МАГИСТРАЛЬНОЙ ТРАНСПОРТНОЙ СЕТИ»**

Выпускник: \_\_\_\_\_ Балтабаев. Б

Научный руководитель: \_\_\_\_\_ Доспанов. А

Рецензиент: \_\_\_\_\_ Алламурастов. Ш

Консультант: \_\_\_\_\_ Мамутова. В

Выпускная квалификационная работа прошла предварительную защиту  
на кафедре Протокол № \_\_\_\_\_ от «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2017 г.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

### ВВЕДЕНИЕ

### I. ГЛАВА. ТЕХНОЛОГИИ ПОСТРОЕНИЯ IP СЕТЕЙ

- 1.1. Требования к высокоскоростным IP сетям.....11
- 1.2. Анализ магистральной транспортной сети связи б узла филиала «ГТТ».....14
- 1.3. Основные направления модернизации.....17

### II. ГЛАВА. РАЗРАБОТКА ПОСТРОЕНИЯ СЕТИ

- 2.1. Метод построения IP сети поверх транспортной магистральной сети.....22
- 2.2. Модернизация транспортной сети.....28
- 2.3. Модернизация IP сети.....37

### III. ГЛАВА. ВЫБОР И НАСТРОЙКА КОМПОНЕНТОВ IP СЕТИ

- 3.1. Компоненты транспортной сети.....40
- 3.2. Компоненты IP сети.....49

### IV. ГЛАВА. РАСЧЁТ НАДЕЖНОСТИ СЕТИ

### ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ И ОХРАНА ТРУДА

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

## Глоссарий

СПД — Сеть Передачи Данных

AON (All-Optical Network) – Вся оптическая сеть

CWDM — (Coarse WDM) грубые WDM

DWDM — (Dense WDM) плотные WDM

E1 — европейская версия ISDN цифровой линии связи (2 Мбит/с)

EVC — Ethernet Virtual Connection EVL — Ethernet Virtual Line

FEC — Forward Error Correction (система внесения предсказаний в сигнал)

G.709 — ITU-T Recommendation "Interfaces for the optical transport network"

GBIC — GigaBit Interface Converter

GE — Gigabit Ethernet

GFP — Generic Framing Procedure

GFP-F — Framed GFP

GFP-T — Transparent GFP

ISDN — Integrated Services Digital Network (Цифровая сеть с интеграцией служб)

L2 — Layer 2 (OSI model)

L2SW — Layer2 Service Switch (коммутатор сервисов 2-го уровня)

MPLS — MultiProtocol Label Switching (мультипротокольная коммутация по меткам)

NGN — Next Generation Network (сети следующего поколения)

POS — (Packet over SONET/SDH) – пакет поверх SONET/СЦИ

QoS — (Quality of Service) – качество обслуживания

RPR — (Resilient Packet Ring) – кольцевая оптическая структура с временем восстановления 50ms

SDH — (Synchronous Digital Hierarchy) – Синхронная Цифровая Иерархия

SFP — (Small Form-factor Pluggable) – компактный оптический приемопередатчик

STM-1 (Synchronous Transport Module) — стандартный уровень информационной структуры SDH (155.52 Mbit/s) [OC-3]

STM-4 (Synchronous Transport Module) – синхронный транспортный модуль со скоростью передачи 622.08 Mbit/s [OC-12]

STM-16 (Synchronous Transport Module) — синхронный транспортный модуль 4-STM-4 (2488.32 Mbit/s) [OC-48]

STM-64 (Synchronous Transport Module) — синхронный транспортный модуль 4STM-16 (9953.28 Mbit/s) [OC-192]

TDM — Time-Division Multiplexing (временное уплотнение)

Triple Play — услуги передачи данных, голоса и видео в сетях Интернет-провайдеров

VC-x — Virtual concatenation/container VLAN — Virtual LAN

VPN — Virtual Private Network (виртуальная частная сеть)

WDM — Wavelength Division Multiplexing (спектральное уплотнение каналов)

XENPAK — стандарт для модулей 10GE

## Введение

За последнее десятилетие резко изменилась ситуация на рынке связи. Глобальное информационное общество требует новых технологий - технологий пакетной передачи данных, и операторы, эксплуатирующие сети с коммутацией каналов, чтобы остаться на рынке, должны обеспечивать эффективную передачу пакетного трафика.

Развитие сети Internet, в том числе появления новых услуг связи, способствует росту потоков данных, передаваемых по сети и заставляет операторов искать пути увеличения пропускной способности транспортных сетей. При выборе решения необходимо учитывать:

- разнообразие потребностей абонентов;
- потенциал для развития сети;
- экономичность;

На развивающемся телекоммуникационном рынке опасно как принимать поспешные решения, так и дожидаться появления более современных технологий.

За последние два десятилетия сети передачи данных с использованием протокола IP совершили огромный скачок в своем развитии. Была разработана технология коммутации по меткам (MPLS). Все это дало операторам возможность предоставлять абонентам новые услуги на основе единой транспортной сети. Базовой технологией современных оптических транспортных сетей операторов является, как правило, инфраструктура SONET/SDH. Для передачи данных в таких сетях выделяются каналы (потоки) соответствующего уровня иерархии SDH (STM-1, STM-4, STM-16 и STM-64). Соответственно, маршрутизаторы IP работают поверх выделенных каналов.

Однако в последние годы стремительно увеличиваются объемы строительства широкополосных IP/MPLS-сетей. С распространением

высокоскоростного доступа на базе Metro Ethernet и ADSL-технологий существенно возросли требования к производительности сети передачи данных на уровне агрегации и IP/MPLS-магистрالی. Интересно, что активное распространение пакетных технологий IP и Ethernet объясняется в первую очередь внедрением Triple Play для населения, а также высокой эффективностью реализации Ethernet-услуг для бизнес-клиентов. Сама технология SDH была разработана для передачи мультимплексованного голосового трафика (телефонии). Несмотря на то, что со временем ее адаптировали к передаче цифровых данных общего назначения, в частности трафика IP-сетей, по-прежнему SDH-сети оптимизированы лучшим образом только для трафика с постоянной во времени полосой пропускания. Для пакетных сетей с трафиком, имеющим переменный по полосе характер со всплесками (bursts), технология SDH применима лишь с рядом достаточно серьезных ограничений и не вполне эффективна.

Исходя из вышесказанного, можно сформулировать цель выпускной работы, которая заключается в проектировании IP-сети поверх магистральной транспортной сети для повышения пропускной способности.

Для ее реализации необходимо решить следующие основные задачи:

- ознакомление с технологией построения IP – сетей;
- разработка построения сети;
- выбор и настройка компонентов IP – сетей.

Выпускная квалификационная работа состоит из введения, пяти глав, заключения, списка использованной литературы.

Во введении обоснована актуальность работы, поставлена цель и задачи выпускной квалификационной работы.

В первой главе проведен анализ технологий построения IP – сетей и она содержит 5 рисунков.

Вторая глава посвящена разработке построения сети и содержит 7 рисунков и таблицу.

В третьей главе рассмотрены выбор и настройка компонентов IP – сетей и содержит 7 рисунков и 2 таблицы.

В четвертой главе рассчитана надежность сети и содержит 3 рисунка и 9 формул.

В пятой главе рассмотрены техника безопасности и охрана труда

В заключении приведены основные практические и теоретические выводы выпускной квалификационной работы.

В списке использованной литературы приведены основные источники информации, использованные при выполнении выпускной квалификационной работы.

## **I. ГЛАВА. Технологии построения IP сетей**

### **1.1. Требования к высокоскоростным IP сетям**

Под высокоскоростными сетями могут иметься в виду довольно большое множество сетей различного назначения. В связи с постоянным ростом потоков цифрового трафика (обычно он удваивается ежегодно) одним из главных требований является обеспечение достаточных для суммарных пиковых скачков трафика скоростей передачи по магистральным каналам. Кроме того, необходимо обеспечить запас емкости магистральных каналов для подключения новых потребителей (клиентов) и прогнозируемого роста общего трафика по магистральным линиям связи.

Высокоскоростная магистральная IP – сеть должна предусматривать возможности масштабирования для увеличения пропускной способности в разы с течением времени. Задержки прохождения пакетов между узлами операторской сети должны быть в пределах, задаваемых на этапе проектирования допусков. Эти допуски определяются при помощи расчета, базирующегося на определении составляющей задержки, вносимой средой передачи (сопротивлением прохождению света в оптическом волокне). Это справедливо для сетей дальней связи, поскольку в них наибольшую и определяющую задержку определяет именно длина линии связи.

Следует отметить, что процесс модернизации сети в эффективно работающей телекоммуникационной компании приобретает перманентный характер. Завершение очередного этапа модернизации, как правило, является началом нового. Важным фактором, определяющим выбор технологий передачи и коммутации в сетях связи, является характер трафика, поступающего от пользователей, и тенденции его изменения, должны обеспечить передачу пакетного трафика (в особенности IP трафика) наиболее эффективно, как с точки зрения использования ресурса, так и с точки зрения капиталовложений операторов связи по модернизации оборудования.

Непрерывно возрастающие объемы трафика требуют повышения пропускной способности оптических магистралей. Кроме тривиального повышения скоростей передачи существует и другой способ решения данной задачи – уплотнение (мультиплексирование) каналов. Поэтому далее рассмотрим существующие и подходящие технологии.

## WDM

Наиболее развитой в настоящее время является технология оптического спектрального уплотнения, называемая обычно мультиплексированием с разделением по длине волны – Wavelength Division Multiplexing (WDM). Принцип ее действия очень прост: потоки данных от отдельных источников переносятся световыми волнами разной длины (каждому каналу принадлежит своя длина – т.е. частота, а значит и цвет) и объединяются мультиплексором в единый многочастотный сигнал, который передается по оптическому волокну. На приемной стороне происходит обратное преобразование [2].

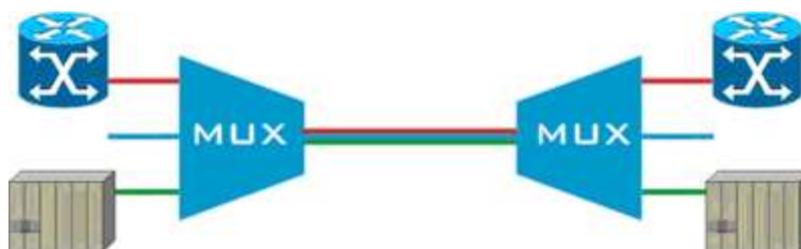


Рисунок 1.1. Принцип работы WDM.

Технология WDM соответствует физическому уровню сетевых взаимодействий и работает независимо от типа и формата передаваемых данных, то есть является протоколно независимой. К WDM мультиплексору можно подключить практически любое оборудование: SONET/SDH, ATM,

Ethernet. Подобная гибкость в сочетании с огромной (по текущим меркам) пропускной способностью делает WDM идеальной технологией для магистральной сети.

WDM бывает двух видов: плотное волновое мультиплексирование – Dense Wavelength Division (DWDM) и грубое волновое мультиплексирование Coarse Wavelength Division (CWDM).

DWDM может обеспечить большое число спектральных каналов на одно оптоволокно (32, 64 или даже 128). Отсюда ее основная отличительная особенность – малые расстояния между мультиплексными каналами (а значит высокая технологическая прецизионность и, следовательно, цена).

CWDM системы рассчитаны на меньшее число каналов (4, 8 или 16). Поэтому в них спектры соседних информационных каналов расположены на гораздо больших расстояниях друг от друга, чем в DWDM (следовательно, оборудование – проще, цена - ниже). Так же следует отметить, что скорости передачи CWDM систем несколько ниже, чем у DWDM.

## DPT/RPR

DPT, RPR, а теперь уже и IEEE 802.17 символизирует окончательную победу IP трафика в глобальных сетях (во всяком случае преобладание над всеми остальными видами данных - точно).

Суть этой передовой технологии пакетной передачи данных заключается в следующем: берется IP пакет, добавляется прослойка второго уровня (MAC) и помещается в произвольную физическую оптическую среду с топологией двойного кольца.

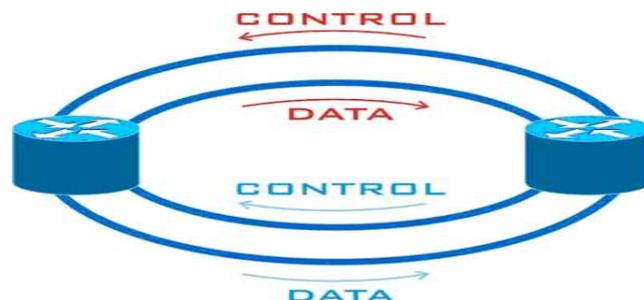


Рисунок 1.2. Топология двойного кольца.

Данные одновременно передаются по двум кольцам в противоположных направлениях (тем самым эффективно используя пропускную способность). Поток данных в каждом кольце включает непосредственно транспортируемые в данном кольце данные и контрольные пакеты для соседнего кольца.

В итоге, стандарт 802.17 (вобравший в себя DPT/RPR) позиционируется как высокоскоростная технология динамической передачи IP пакетов, предназначенная для решения задач построения нового поколения сетей Metro. Для данной технологии физическая оптическая среда совершенно прозрачна (это может быть SONET/SDH, WDM, Ethernet, Dark Fiber).

Технология Ethernet в своем стремительном развитии уже давно перешагнула уровень локальных сетей. Она избавилась от коллизий, получила полный дуплекс и гигабитные скорости.

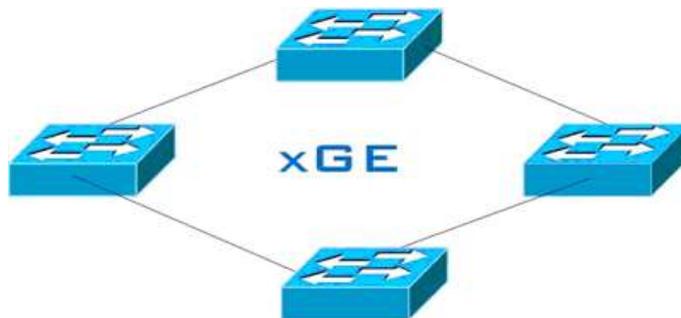


Рисунок 1.3. Технология Ethernet.

Широкий спектр дешевых решений для оптического транспорта – одномодовые и многомодовые конвертеры и модули позволяют смело внедрять Ethernet на магистрях. Честно говоря, большинство современных провайдеров так и поступают.

## **1.2. Анализ магистральной транспортной сети связи 6 узла филиала «ТТТ»**

Транспортная сеть 6 узла филиала «ТТТ» создана на основе оборудования SDH и DWDM производства компании NEC.

Применение технологии DWDM обусловлено тем, что в случае непосредственного использования оптических волокон для системы передачи STM – 16 или STM – 64 любая дальнейшая модернизация становится невозможной, поскольку будет требовать полного закрытия связи по данной системе на несколько дней или недель для организации линейного тракта более высокого уровня. В случае DWDM линейного тракта включение новых систем передачи осуществляется без перерыва связи по существующим системам и, кроме того, появляется возможность использовать некоторые рабочие длины волн для систем передачи клиентов уровня STM – 16 или STM – 64.

Технологии DWDM позволяет существенно увеличить пропускную способность существующих оптических волокон. Даже если в будущем стоимость волокна уменьшится за счет использования новых технологий, волоконно-оптическая инфраструктура (проложенное волокно и установленное оборудование) всегда будет стоить достаточно дорого. Для ее эффективного использования, необходимо иметь возможность в течение долгого времени увеличивать пропускную способность сети и менять набор предоставляемых услуг без замены оптического кабеля. Только технология DWDM предоставляет такую возможность. Особенно привлекательно ее использование на линиях большой протяженности, где стоимость оборудования линейного тракта превышает 80% всей системы связи.

В 2015 г. NEC предлагал широкий выбор технических решений для модернизации существующих ВОЛС с применением технологии DWDM.

Наиболее перспективным по технико-экономическим показателям было строительство линейного тракта на основе усилителей оптических сигналов что позволяло создать экономичные системы оптической связи с суммарной пропускной способностью до 160 Гбит/с. Они использовали эффект усиления оптических сигналов в волокне, легированном эрбием (EDFA).

В качестве каналообразующего оборудования работает система передачи U-Node, которая зарекомендовала себя, как одна из самых популярных и надежных систем передачи для строительства мощных магистральных сетей большой протяженности.

К числу основных особенностей U – Node, следует отнести следующее:

1) Защита трафика в режиме 4-х волоконного кольца по схеме MS - SPRing и по участковой защитой трафика между соседними мультиплексорами ADM. По участковая защита трафика возможна не только в режиме кольца, но и в режимах "точка-точка" и "цепочка".

2) Применение в мультиплексорах и регенераторах передатчиков с "окрашенными" линейными интерфейсами в рабочем диапазоне длин волн усилителей EDFA.

3) Возможность коррекции формы передаваемого сигнала для ослабления влияния на него хроматической дисперсии в зависимости от типа применяемого кабеля и используемых длин волн.

4) Использование алгоритма опережающего избыточного кодирования информационного сигнала FEC. Он обеспечивает избыточное кодирование информационного потока с использованием свободных байт заголовка кадра SDH. Применение FEC позволяет в случае недостаточного, но не выходящего за пределы 2 дБ, энергетического бюджета усилительной секции или регенерационного участка снизить коэффициент ошибок 10 – 12 до 10 – 15. Если энергетический бюджет линии соответствует норме, то применение FEC позволяет снизить коэффициент ошибок до значения 10 – 17.

5) Архитектура мультиплексора ADM системы передачи U-Node обеспечивает кроссконнект трафика 4:4 на уровне виртуальных контейнеров VC – 4. Это дает возможность маршрутизировать виртуальные контейнеры VC – 4 из оптических агрегатов в трибутарные блоки, пропускать их транзитом с одного оптического агрегата на другой, меняя номера виртуальных контейнеров в агрегатных сигналах, передавать их с одного трибутарного блока на другой, маршрутизировать VC – 4, поступающий с одного из оптических агрегатов одновременно на несколько трибутарных блоков и другой оптический агрегат. Встроенные средства кроссконекта позволяют использовать мультиплексоры U – Node для создания мощных узлов распределения трафика и объединения сложных кольцевых структур в единую транспортную сеть.

б) Наличие встроенных аппаратных и программных средств промежуточного контроля качественных характеристик каналов и трактов, в том числе и транзитных, на уровне виртуальных контейнеров VC – 4. Эти средства облегчают и автоматизируют обнаружение и локализацию отказов сетевого оборудования.

Однако, последнее время возрос спрос на каналы: Fast Ethernet, Gigabit Ethernet, 10Gigabit Ethernet, выделенные виртуальные каналы второго уровня (MPLSVPN, VLAN) с ограниченной пропускной способностью 20, 100, 200, 400, 500 Мбит/с.

Это было обусловлено следующими причинами:

- стремительным развитием телекоммуникационной инфраструктуры городов, прежде всего в области создания и развития коммерческих IP-сетей, интернета, традиционных и сотовых телефонных сетей;
- непосредственным появлением на узбекском рынке крупнейших международных операторов связи;
- вводом в эксплуатацию новых волоконно-оптических магистральных сетей на границу;

### 1.3. Основные направления модернизации

Основные направления модернизации будут производиться в соответствии с общими тенденциями развития сетей связи, представленных на рис. 1.4.

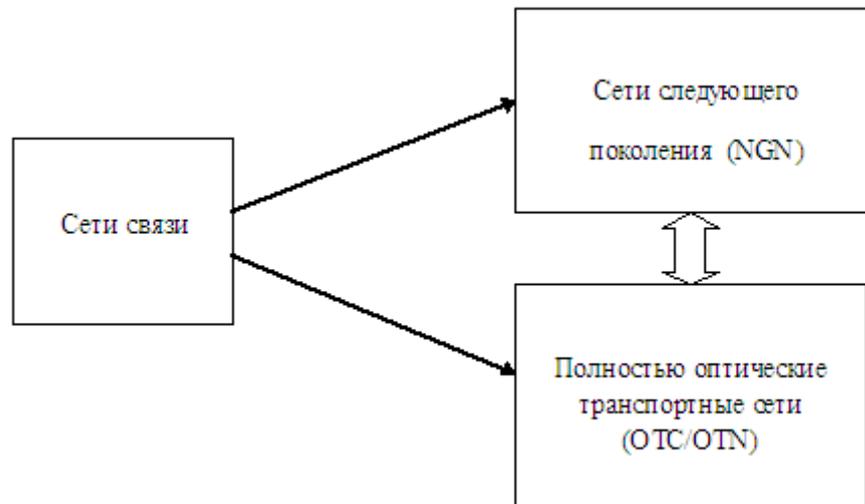


Рисунок 1.4. Тенденции развития сетей связи.

Данный рисунок иллюстрирует следующие положения:

- в NGN транспортный уровень и уровень формирования услуг должны быть технологически разделены и могут развиваться независимо друг от друга.
- транспорт NGN должен базироваться на пакетных технологиях и слое прозрачных оптических каналов.

При выполнении модернизации магистральной сети мы будем обязаны разбить ее на несколько этапов. Это обусловлено тем, что для организации

более высокоскоростных каналов связи потребуется не только выбрать и установить соответствующее IP – оборудование, но и выбрать и установить устройства сопряжения IP – оборудования и транспортной сети. А устройства сопряжения, в свою очередь, обязывают изменить основную транспортную систему.

Итак, необходимо выполнить следующие шаги:

- 1) внести изменения в транспортную сеть для улучшения показателей транспортной сети, таких как: пропускная способность, возможности наращивания пропускной способности в широком диапазоне, поддержка устройств сопряжения с различными протоколами и технологиями передачи;
- 2) выбрать и установить устройства сопряжения транспортной сети с требуемым оборудованием IP – сети;
- 3) выбрать оборудование и подключить IP-сеть через устройства сопряжения

Целью данной выпускной квалификационной работы является разработка методов и средств построения современной наложенной магистральной сети для передачи IP-трафика на большие расстояния. Основой для ее создания является магистральная транспортная сеть связи 6 узла филиала «ТТТ» построенная с использованием технологий DWDM и SDH. Она по своему основному назначению предназначена для организации стандартных выделенных цифровых каналов связи плезиохронной (E1, E3, DS3) и синхронной (STM – 1, STM – 4, STM – 16, STM – 64) цифровой иерархии.

Проектируемая сеть передачи IP-трафика должна объединить следующие узлы магистральной сети связи 6 узла филиала «ТТТ» (рис.1.5):

- 1) Нукус – Кунград;
- 2) Нукус – Беруни;
- 3) Нукус – Мангит;

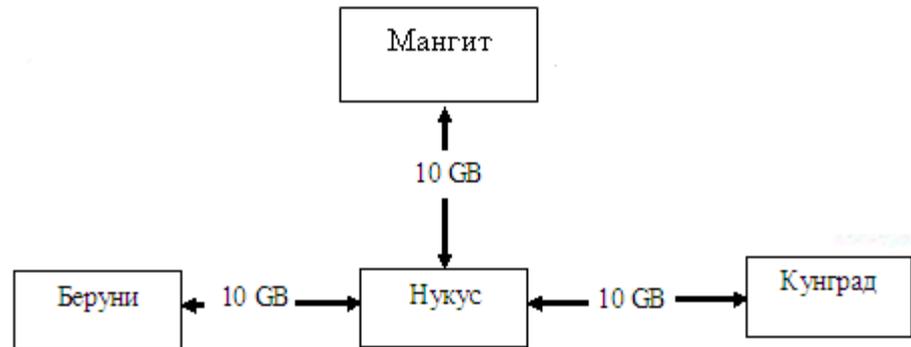


Рисунок 1.5. Топология наложенной магистральной сети передачи IP – трафика.

Под уровнем доступа понимается логически выделенный уровень сети, на котором производится включение оборудования конечных клиентов. В сети 6 узла филиала «ТТТ» конечными клиентами, как правило, являются интернет-провайдеры, а также организации и производства.

Учитывая специфику услуг, предоставляемых 6 узлом филиала «ТТТ» в рамках наложенной сети с коммутацией пакетов, ориентированную, прежде всего, на организацию мощных трактов передачи IP – трафика уровня Level 2, в качестве основы реализации сети следует выбрать технологию Ethernet.

Выбор методов и способов решения поставленной задачи должен учитывать то, что магистральная транспортная сеть 6 узла филиала «ТТТ» построена на базе оборудования DWDM линейного тракта DW-4200 и каналообразующего оборудования U-Node. Это оборудование имеет широкий спектр технических средств, для построения наложенных сетей Ethernet, как на уровне линейного тракта, так и поверх SDH с использованием технологии NGN. При выборе метода и способов модернизация магистральной сети необходимо выбрать путь, который

позволит максимально полно использовать имеющуюся инфраструктуру транспортной сети и ранее сделанные инвестиции.

Выпускная квалификационная работа должна предусматривать следующие этапы решения поставленной задачи:

- 1) анализ существующей магистральной транспортной сети связи б узла филиала «ТТТ» с тем, чтобы выбрать методы и способы построения на ее базе наложенной сети передачи IP – трафика;
- 2) обоснование выбора технических средств создания наложенной магистральной IP – сети;
- 3) разработку схемы связи наложенной магистральной IP-сети и схем отдельных ее элементов
- 4) теоретическую и экспериментальную оценку основных технических характеристик разработанной сети.

Критерии выбора оборудования для строительства учитывают перспективы развития современных технологий связи, которые диктуют выбор в качестве стратегического направления развития сети б узла филиала «ТТТ» ориентацией ее на передачу мощных информационных потоков IP – трафика поверх транспортного уровня SDH и напрямую через DWDM.

Система передачи должна длительное время работать в автономном режиме при минимальном обслуживании. Она должна иметь серьезный запас мощности оптических сигналов для компенсации возможной деградации характеристик оптического волокна. К каналообразующему оборудованию и оборудованию DWDM – линейного тракта предъявляются повышенные требования по надежности, возможностям автоматического мониторинга и управления. Кроме того, отвечать современным требованиям к уровню сервиса и поддерживать внедрение перспективных технологий развития транспортных сетей. При выборе технических характеристик разработанной IP – сети, подлежащих теоретической и экспериментальной оценки, были выбраны следующие:

- 1) реальная полоса цифровых трактов разработанной сети Ethernet, организованных на базе технологии SDH-NGN (измерение реальной полосы и теоретическое обоснование полученных результатов);
- 2) задержка пакетов на наиболее важных участках магистральной сети передачи IP-трафика (теоретическая оценка и измерение на сети);
- 3) коэффициент готовности магистральной транспортной сети (расчет и обоснование в соответствии с требованиями рекомендации ITUG.602 и нормативными документами РҮз).

Перечисленные параметры не являются исчерпывающим перечнем технических характеристик IP-сети. Их выбор обусловлен требованиями SLA который является основным документом, определяющим качественные характеристики услуги при заключении договора между оператором связи и клиентом.

## **II. ГЛАВА. Разработка построения сети**

### **2.1. Метод построения IP сети поверх транспортной магистральной сети**

Рассмотрим возможные на сегодня базовые методы предоставления услуги магистрального Ethernet с точки зрения построения ядра операторской IP-сети дальней связи.

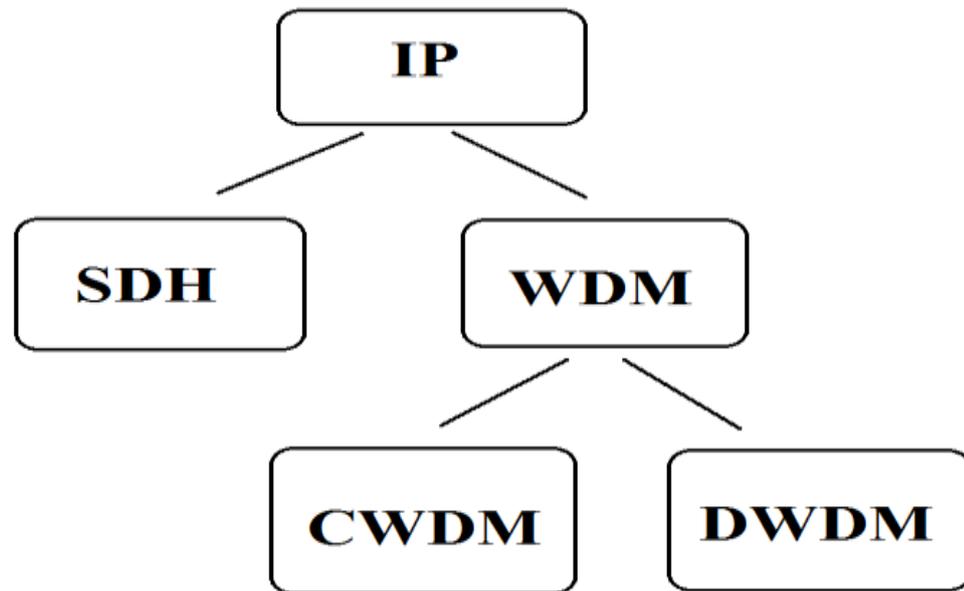


Рисунок 2.1. Метод построения магистральной транспортной сети.

## **SDH**

Технология синхронной цифровой иерархии (Synchronous Digital Hierarchy, SDH) 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 SDH с волоконно-оптическими линиями связи между ними образуют среду, в которой администратор сети SDH организует цифровые каналы между точками подключения абонентского оборудования или оборудования вторичных (наложенных) сетей самого оператора — телефонных сетей и сетей передачи данных. Сети SDH относятся к классу сетей с коммутацией каналов на базе синхронного мультиплексирования с разделением по времени (Time Division Multiplexing, 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. Общая процедура формирования кадров (Generic Framing Procedure, GFP) представляет собой транспортный протокол, посредством которого пакетные данные доставляются по сети мультиплексной передачи с разделением каналов по времени (Time Division Multiplex, TDM), как SONET/SDH. GFP предлагает несколько преимуществ:

- высокую эксплуатационную надежность, поскольку все содержимое, включая служебную информацию, может быть защищено при помощи кода CRC;
- небольшое время задержки при использовании прозрачного режима GFP (GFP – T);
- прозрачное соединение на втором уровне посредством GFP – T;
- детерминированную пропускную способность;
- поддержку множества протоколов;
- умеренные накладные расходы.

Существует две разновидности протокола GFP:

1) Framed GFP (GFP – F) или фреймированный GFP оптимизирован для максимальной пропускной способности в ущерб задержкам. В нем весь Ethernet фрейм (или фрейм другого канального протокола) инкапсулируется во фрейм GFP с заголовком.

2) Transparent GFP (GFP – T) или прозрачный GFP используется для транспортировки трафика с минимальными задержками (например, для потоковых видеотрансляций). В нем малые группы байт передаются сразу, не ожидая получения полного фрейма в буфер.

## **WDM**

В волновом мультиплексировании (WDM) используется тот же принцип частотного разделения каналов, но только в другой области

электромагнитного спектра. Информационным сигналом является не электрический ток и не радиоволны, а свет. Для организации WDM-каналов в волоконно-оптическом кабеле задействуют волны инфракрасного диапазона длиной от 850 до 1565 нм, что соответствует частотам от 196 до 350 ТГц. В магистральном канале обычно мультиплексируется несколько спектральных каналов – до 16, 32, 40, 80 или 160, причем, начиная с 16 каналов, такая техника мультиплексирования называется плотным волновым мультиплексированием (Dense Wave Division Multiplexing, DWDM). Внутри такого спектрального канала данные могут кодироваться как дискретным способом, так и аналоговым. По сути WDM и DWDM – это реализации идеи частотного аналогового мультиплексирования, но в другой форме. Отличие сетей WDM/DWDM от сетей FDM заключается в предельных скоростях передачи информации. Если сети FDM обычно обеспечивают на магистральных каналах одновременную передачу до 600 разговоров, что соответствует суммарной скорости в 36 Мбит/с (для сравнения с цифровыми каналами скорость пересчитана из расчета 64 Кбит/с на один разговор), то сети DWDM обеспечивают общую пропускную способность до сотен гигабитов и даже нескольких терабитов в секунду.

1) **DWDM.** Сегодня оборудование DWDM позволяет передавать по одному оптическому волокну 32 и более волн разной длины в окне прозрачности 1550 нм, при этом каждая волна может переносить информацию со скоростью до 10 Гбит/с (при условии применения для передачи информации на каждой волне протоколов технологии STM или 10 Gigabit Ethernet). В настоящее время ведутся работы по повышению скорости передачи информации на одной длине волны до 40 – 80 Гбит/с.

У технологии DWDM имеется предшественница - технология волнового мультиплексирования (Wave Division Multiplexing, WDM), в которой используется четыре спектральных канала в окнах прозрачности 1310 нм и 1550 нм с разносом несущих в 800 – 400 ГГц. (Поскольку стандартной

классификации WDM не существует, встречаются системы WDM и с другими характеристиками). Мультиплексирование DWDM называется «уплотненным» из-за того, что в нем используется существенно меньшее расстояние между длинами волн, чем в WDM. На сегодня рекомендацией G.692 сектора ITU – T определены два частотных плана (то есть набора частот, отстоящих друг от друга на некоторую постоянную величину):

- частотный план с шагом (разнесением частот между соседними каналами) 100 ГГц, в соответствии с которым для передачи данных применяется 41 волна в диапазоне от 1528,77 (196,1 ТГц) до 1560,61 нм (192,1 ТГц);

- частотный план с шагом 50 ГГц, позволяющий передавать в этом же диапазоне 81 длину волны.

Некоторыми компаниями выпускается также оборудование, называемое оборудованием высокоуплотненного волнового мультиплексирования (High – Dense WDM, HDWDM), способное работать с частотным планом с шагом 25 ГГц (сегодня это чаще всего экспериментальные образцы, а не серийная продукция). Реализация частотных планов с шагом 50 и 25 ГГц предъявляет гораздо более жесткие требования к оборудованию DWDM, особенно в том случае, если каждая волна переносит сигналы со скоростью модуляции 10 Гбит/с и выше (STM – 64, 10GE или STM – 256). Еще раз подчеркнем, что сама технология DWDM (как и WDM) не занимается непосредственно кодированием переносимой на каждой волне информации – это проблема более высокоуровневой технологии, которая пользуется предоставленной ей волной по своему усмотрению и может передавать на этой волне как дискретную, так и аналоговую информацию. Такими технологиями могут быть SDH или 10 Gigabit Ethernet. Теоретически зазоры между соседними волнами в 50 ГГц и даже 25 ГГц позволяют передавать данные со скоростями 10 Гбит/с, но при этом нужно обеспечить высокую точность частоты и минимально

возможную ширину спектра несущей волны, а также снизить уровень шумов, чтобы минимизировать эффект перекрытия спектра.

2) **CWDM.** Coarse WDM, недорогая технология с пассивными оптическими мультиплексорами и ADM. CWDM обеспечивает 8 длин волн в одном физическом волокне (1470, 1490, 1510, 1530, 1550, 1570, 1590 и 1610); несовместим со стандартными оптическими усилителями, обеспечивает максимальную дальность до 100 км без регенерации сигнала.

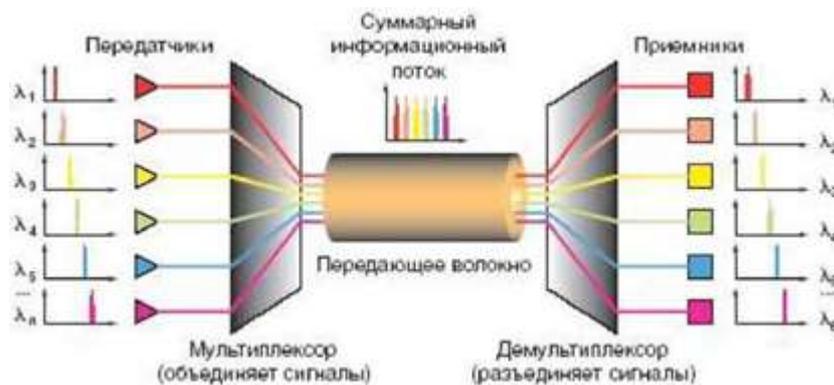


Рисунок 2.2. Принцип работы DWDM системы.

Главные требования к транспортной сети:

- Транспортная сеть должна быть универсальной и индифферентной к типу транспортируемой информации.
- Транспортная сеть должна обладать свойством адаптации к объемам передаваемой информации.

Этим требованиям отвечает сеть, построенная поверх DWDM – платформы, на которой интегрированы и независимо работают технологии IP/Ethernet, SDH и NGSDH. Наличие свободной оптики и применение DWDM в региональных сетях позволяет уже сегодня с целью расширения пропускной полосы оптической транспортной сети не модернизировать TDM/SDH базу, а построить параллельную GE/10GE сеть и перевести на нее трафик передачи данных. Такой путь скорее всего позволит оптимизировать капитальные и операционные затраты оператора.

Основные архитектурные моменты проектируемой системы:

- 1) в качестве транспортной основы для любых информационных потоков будем использовать DWDM – технологию;
- 2) для SDH-клиентских интерфейсов будет использовать SDH – модули прямо в транспортных мультиплексорах системы;
- 3) основная магистральная IP-сеть будет подключена в DWDM с помощью транспондеров;
- 4) среднескоростные IP – подключения и выделенные виртуальные каналы 2-го уровня (до 1 Гбит/с) следует организовать, используя NGSDH принципы;
- 5) предусматриваются варианты подключения DWDM – устройств, имеющих собственные передатчики стандартных длин волн DWDM, через те же транспортные мультиплексоры;
- б) предусматривается организация резервных каналов для IP – оборудования через NGSDH.

Таблица 2.1 Характеристики оборудования систем передач

Названия компаний, модель	Дальность передачи, км	Скорость передачи, Гбит. Сек	Поддержка технологий	Цена доллары
NEC U-Node 5000	5000	10	STM- 1/4/16/64/256,1/ 10/ 100 GE	100000 USD
Cisco ONS 15454 MSTP	2000	10	STM- 1/4/16/64/256,1/ 10/100GE	115000 USD
T8 «Пуск»	8000	40	STM-	80000 USD

			1/4/16/64/256,1/ 10/100GE	
Huawei OptiX Metro 6040/6100	5000	40	STM- 1/4/16/64/256,1/ 10/100GE	85000 USD

## 2.2. Модернизация транспортной сети

Отправной позицией развития транспортных сетей, естественно, является их существующее положение. Несмотря на очень большой разброс степени развития транспортных сетей, современную ситуацию в целом можно охарактеризовать следующими тезисами:

- основной средой передачи стационарных сетей являются волокна оптических кабелей;
- основным транспортным средством являются системы передачи синхронной цифровой иерархии (СЦИ/SDH);
- технологии спектрального уплотнения (Wavelength Division Multiplexing – WDM), пакетные технологии (ATM, IP, Ethernet и др.) используются в той или иной степени в зависимости от конкретных условий и уровня развития сети. В результате существующие транспортные сети представляют собой различные варианты многослойных структур.



### Рисунок 2.3. Многослойные структуры транспортных сетей.

В существующих смешанных оптико-электронных сетях имеются следующие принципиальные недостатки:

- усложненная структура в виде технологических цепочек;
- ограничение протяженности чисто оптических сегментов;
- необходимость электронной (электрической) регенерации цифровых сигналов, что нарушает непрерывность прозрачных оптических каналов;
- функциональные ограничения оптических сегментов в части коммутации, резервирования, телеконтроля, мониторинга качества передачи и т. д.;
- относительно ограниченная производительность.

В полностью оптической транспортной сети – ОТС (Optical Transport Network – OTN) перечисленные выше недостатки смешанных сетей могут быть устранены. Функции, характерные для систем СЦИ/SDH, в ОТС реализованы на оптическом уровне. По этой причине практически любые телекоммуникационные технологии могут «опираться» непосредственно на ОТС. Архитектура телекоммуникационных сетей упрощается, так как технологические многозвенные «одна поверх другой» цепочки становятся излишними. Наличие полностью оптических регенераторов снимает ограничение по протяженности непрерывных оптических каналов. Отсутствие в пределах ОТС электрических (электронных) фрагментов позволяет оперировать сигналами, очень большого информационного объема, недоступного электронной аппаратуре. Итак, основными достоинствами ОТС являются:

- отсутствие ограничений по протяженности;
- функциональность, подобная СЦИ/SDH;

- доступ к ОТС сигналов различного формата через открытый оптический интерфейс;
- возможность оперировать сигналами очень большого информационного объема, недоступного электронной аппаратуре.

На выбор оборудования большое влияние оказала его совместимость с существующей системой сетевого управления и имеющимися программными средствами планирования сети. Создание новой независимой системы управления могло привести к увеличению стоимости проекта на 40 – 50%. Естественно, что при выборе оборудования для модернизации магистральной сети, особое внимание было обращено на высокоскоростные SDH мультиплексоры и оборудование DWDM. Следует особо отметить, что компания NEC обладая богатым опытом разработки и производства транспортного SDH оборудования, приступила к созданию синхронного цифрового мультиплексора уровня STM – 64 и оборудования линейного тракта с использованием технологии DWDM. Технологии WDM существуют уже не первый год, но именно сейчас наблюдается быстрый переход к решениям WDM нового поколения. Это связано с появлением технологий ROADM и настраиваемых лазеров. Именно эти технологии при правильной реализации платформы позволяют операторам воспользоваться преимуществами WDM в полном объеме. Предыдущие технологические решения требовали физического прерывания потоков данных для добавления новых клиентов или посещения техническим персоналом всех узлов для проведения работ каждый раз, когда требуются изменения в сети. Новые технологии, позволяющие программно перестраивать сеть, и их оптимальная физическая реализация значительно упрощают эксплуатацию сети. Модернизация транспортной сети основана на установке новых мультисервисных платформ NEC: U – NODE 5000 – SDH/DWDM мультиплексор STM – 64 нового поколения NGN (Next Generation Network), предназначенный для построения высокоскоростных мультисервисных

транспортных сетей. Он реализует три уровня обработки трафика: оптический (Level 0), SDH – уровень (Level 1) и уровень коммутации пакетов (Level 2). U – NODE 5000 может использоваться в качестве окончного мультиплексора, мультиплексора ввода-вывода ADM или узла кросс-коннекта DXС в сетевых структурах, имеющих топологию "точка-точка", "цепочка", "звезда", "кольцо", "ячеистая сеть", а также в качестве шлюза между сетями с различной топологией. В зависимости от набора трибутарных и агрегатных плат он может поддерживать следующие сетевые интерфейсы:

- E1 (2 Мбит/с);
- E3/DS3 (34/45 Мбит/с);
- STM – 1 (155 Мбит/с);
- STM – 4 (622 Мбит/с);
- STM – 16 (2,5 Гбит/с);
- STM – 64 (10 Гбит/с);
- Fast Ethernet (10/100BaseT, 100BaseTX);
- Gigabit Ethernet (1000BaseT, 1000BaseSX, 1000BaseLX, 1000BaseZX);
- 10 Gigabit Ethernet (10 Гбит/с);
- CWDM, Fiber Channel и FICON;
- DWDM с шагом 50 и 100 ГГц (10 Гбит/с);
- Synchronous Ethernet.

Высокая производительность полнодоступных коммутационных матриц и их 100% резервирование позволяет осуществлять операции кросс-коннекта трафика на уровне виртуальных контейнеров VC12/VC3/VC4 (матрица 80 Гбит/с) и на уровне VC3/VC4 (матрица 160 Гбит/с). U – NODE 5000, как представитель поколения NGN, реализует также ряд функции, необходимых для поддержки сетей с коммутацией пакетов:

- Contiguous Concatenation и Virtual Concatenation;

- Link Capacity Adjustment Scheme (LCAS);
- Generic Framing Procedure (GFP);
- Resilient Packet Rings (RPR).

Благодаря поддержке технологий GFP/RPR обеспечивается возможность высокоэффективной передачи пакетного трафика Ethernet поверх SDH в соответствии со стандартом 802.1Q VLAN.

Для защиты трафика (в том числе пакетного) в U – NODE 5000 используются следующие схемы защиты трафика и оборудования:

- MSP 1+1 и MSP 1:1 (Multiplex Section Protection);
- SNCP (Subnetwork Connection Protection)/UPSR (Unidirectional Protection Self-healing Ring);
- MS-SPRing (Multiplex Section – Shared Protection Ring)/BSHR – 4 (Bidirectional Self-healing Ring);
- Optical Path Protection;
- Dynamic mesh restoration ASTN (Automatically Switched Transport Network).
- резервирование трибутарных плат 1+1 1:N.

Оборудование U – NODE 5000 поддерживает встроенные каналы управления DCC работающие как по технологии IP, так и по технологии OSI. Для целей управления, администрирования и контроля удаленных сетевых узлов поколения NGE используется IP DCC.

В качестве оборудования DWDM – мультиплексора ввода – вывода выбрано оборудование DW – 4200 производства компании NEC.

DW4200 — это конфигурируемый оптический мультиплексор ввода - вывода. Он позволяет быстро и дистанционно коммутировать оптические тракты DWDM сети оператора связи. При помощи системы управления INC – 100MS или локального терминала в DW4200 может дистанционно добавить или вывести любую длину волны на любых узлах сети. Кроме того, DW4200 может выполнять функции оптического коммутатора ёмкостью до 320 на 320

длин волн, при этом модернизация из системы ROADM в систему WXC производится с минимальными затратами без перерыва предоставления услуг. DW4200 выполнен в стоечном исполнении и в минимальной конфигурации содержит одну полку, которая позволяет вводить и выводить до 6 длин волн. Для увеличения количества вводимых и выводимых длин волн можно использовать полки расширения. Максимальное число длин волн может достигать 40 в одном диапазоне. Также DW4200 может работать в качестве линейного усилителя. Автоматическое выравнивание оптического усиления позволяет легко наращивать систему путем добавления новых длин волн и узлов без ручной регулировки усиления и сложных работ по перенастройке системы. Оптический мультиплексор DW4200 можно использовать на сетях спектрального уплотнения DWDM. Для соединения с сетями общего пользования служат клиентские интерфейсы SDH от STM – 256 до STM – 1, Ethernet, BitRateFree от 100Мб/с до 2,7 Гб/с с ресинхронизацией [12].

### **Первый этап модернизации IP сети с использованием оборудования U – NODE 5000**

На этой схеме используется STM – 64, STM – 16, STM – 4, STM – 1, 10GE.



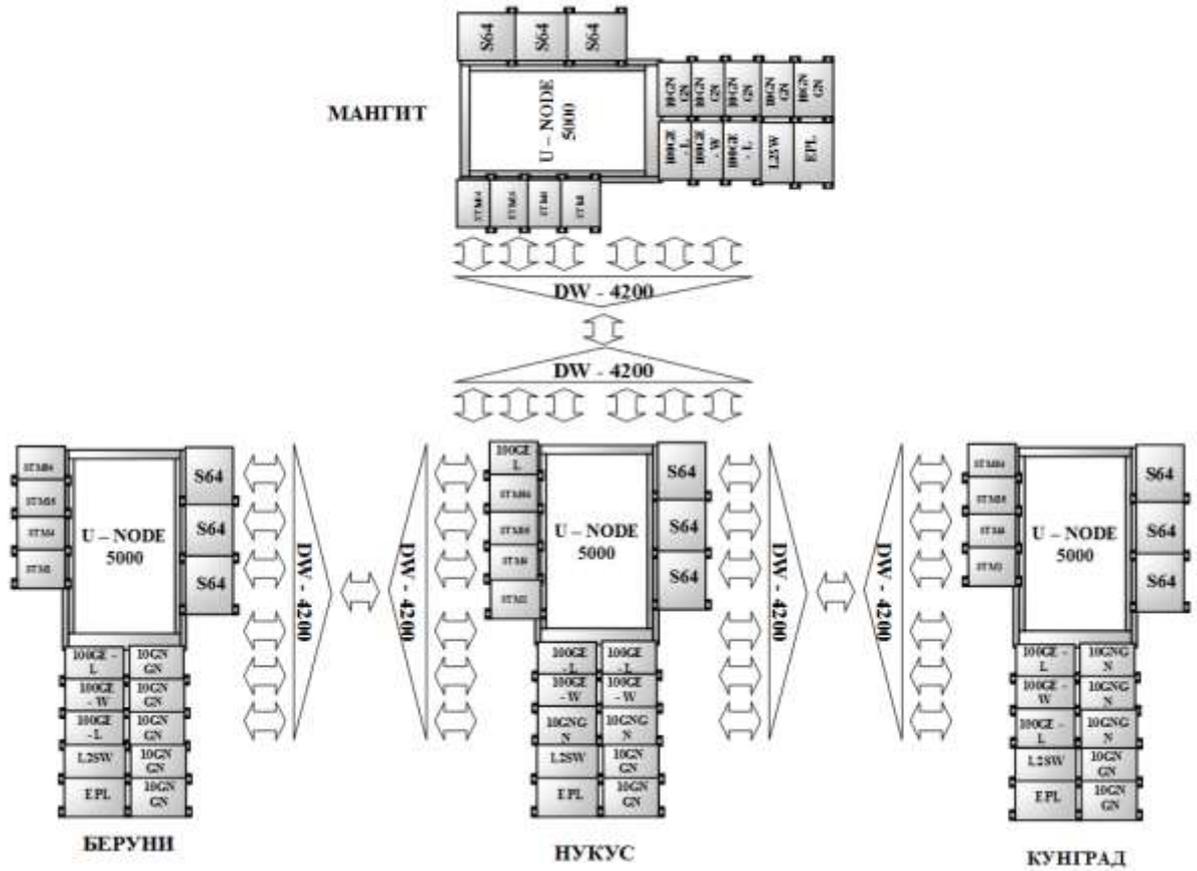


Рисунок 2.5. Второй этап модернизирования.

**Третий этап создания IP сети – использования оборудования Cisco для оптимизаций узлов доступа магистральной сети**

На этой схеме будут использоваться Cisco 7600.

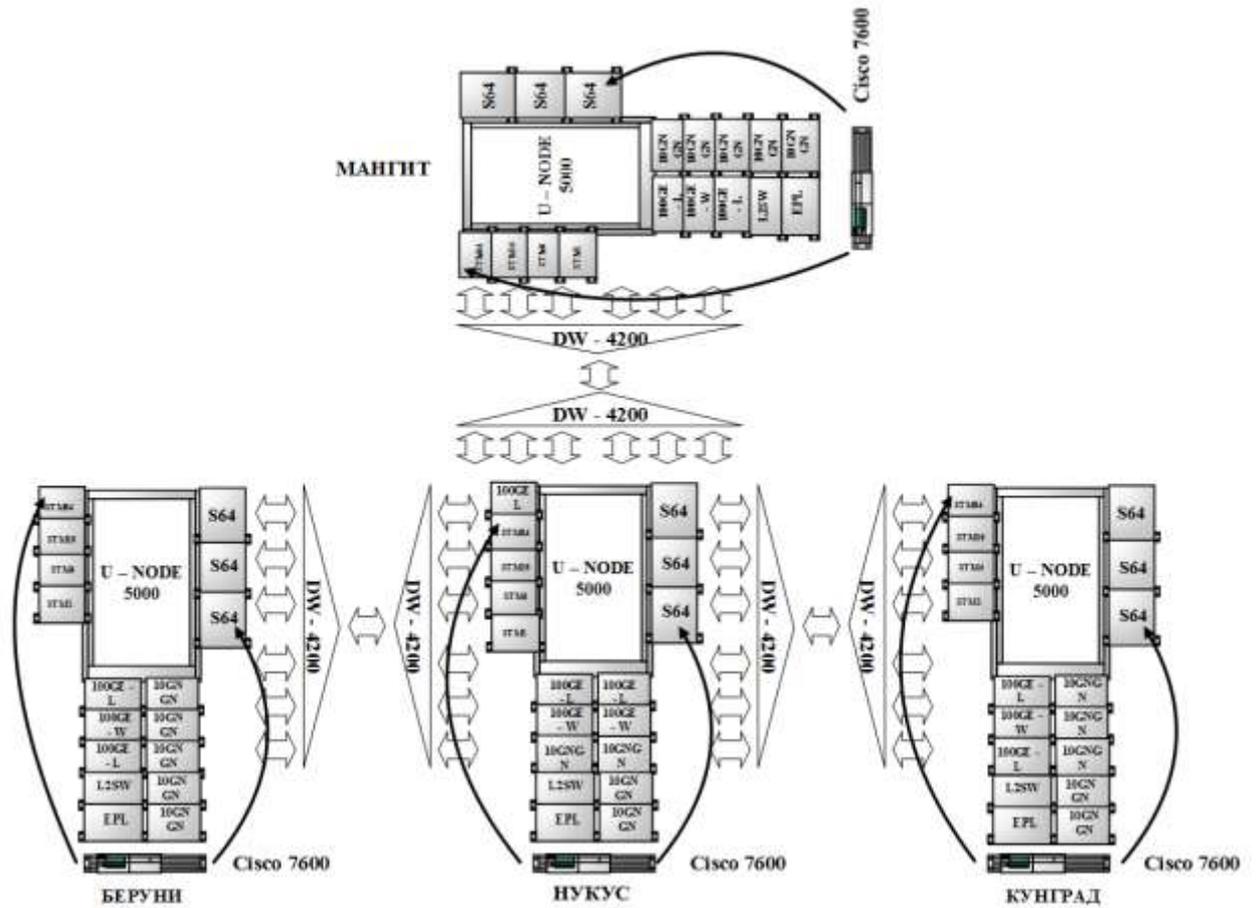


Рисунок 2.6. Третий этап модернизирования.

### 2.3. Модернизация IP сети

СПД имеет иерархическую структуру. Каждый уровень иерархии СПД предназначен для агрегирования трафика, порождаемого на предыдущем уровне. Вводятся следующие уровни СПД:

1) Магистральный уровень СПД. На текущем этапе строительства СПД состоит из двух основных узлов - маршрутизаторов IP – пакетов (одновременно являющихся MPLS – коммутаторами), соединяемых между собой несколькими каналами STM – 64 с протоколом Packet over SONET/SDH (POS) и/или 10GE. Магистральные маршрутизаторы могут обеспечить подключение к СПД абонентов по каналам FE, GE и 10GE; кроме того, магистральный узел СПД должен обеспечить доступ к международным операторам Интернет.

Основными функциями магистрального уровня являются:

- возможность высокоскоростной передачи протокола IP на базе технологии MPLS;
- подключение операторов Интернет и крупных корпоративных клиентов к высокоскоростным интерфейсам;
- построение закрытых виртуальных сетей.

2) Уровень доступа СПД. Представляет собой комплекс маршрутизаторов и коммутаторов доступа СПД, обеспечивающих доступ абонентов по интерфейсам TDM и по интерфейсам типа Ethernet (Fast Ethernet, Gigabit Ethernet и 10 Gigabit Ethernet). Маршрутизаторы и коммутаторы доступа должны быть соединены с магистральными маршрутизаторами несколькими параллельными каналами по протоколу Gigabit Ethernet и 10Gigabit Ethernet. Основными функциями уровня доступа является предоставление доступа абонентов СПД по среднескоростным каналам, выполнение пограничной функции для технологии MPLS для обеспечения услуги закрытых виртуальных сетей (VPN). Маршрутизатор узла должен включаться в магистральную сеть по протоколу 10Gigabit Ethernet. Для повышения пропускной способности требуется выбрать новые устройства уровня ядра IP – сети, обеспечить лучшую и более скоростную связность на магистральных направлениях сети, также необходимо выбрать требуемые приемо – передающие оптические модули для каждой магистральной линии связи.

Структурно необходимо обеспечить следующее:

- 1) установить 2 маршрутизатора уровня ядра, которые позволят обеспечить каналы со скоростями 10GE для магистралей сети и для подключения крупных клиентов, также которые позволят включение среднескоростных клиентов с возможностью получения статистики по трафику.
- 2) связать их двумя надежными каналами емкостью 10GE каждый, объединив их с помощью Etherchannel агрегирования
- 3) обеспечить выделенные линии IP over SDH для виртуальных каналов клиентов на нескольких участках сети.

При разработке структуры сети важно воспользоваться идеями принципа децентрализации. По последним оценкам компании Cisco Systems реализация данного принципа в построении современных сетей, ориентированных на большие объемы трафика, несет существенную экономию и более быстрый возврат инвестиций по сравнению с сетями, построенными по применявшемуся до настоящего времени принципу централизации. Централизация приводит к тому, что все большие и большие с каждым годом объемы трафика должны проходить через центровое оборудование. Можно улучшить эту ситуацию, которая может привести к появлению «узкого» места в сети, действуя по принципу разделения функций и трафика между различными узлами сети. Кроме того, целесообразно трафик виртуальных каналов дальней связи для некоторых клиентов выделять на отдельные длины волн в транспортной сети DWDM и плюс к тому пускать напрямую через NGSDH решения в транспортных мультиплексорах, обеспечивающие IP поверх SDH.

## **Модернизация IP сети**

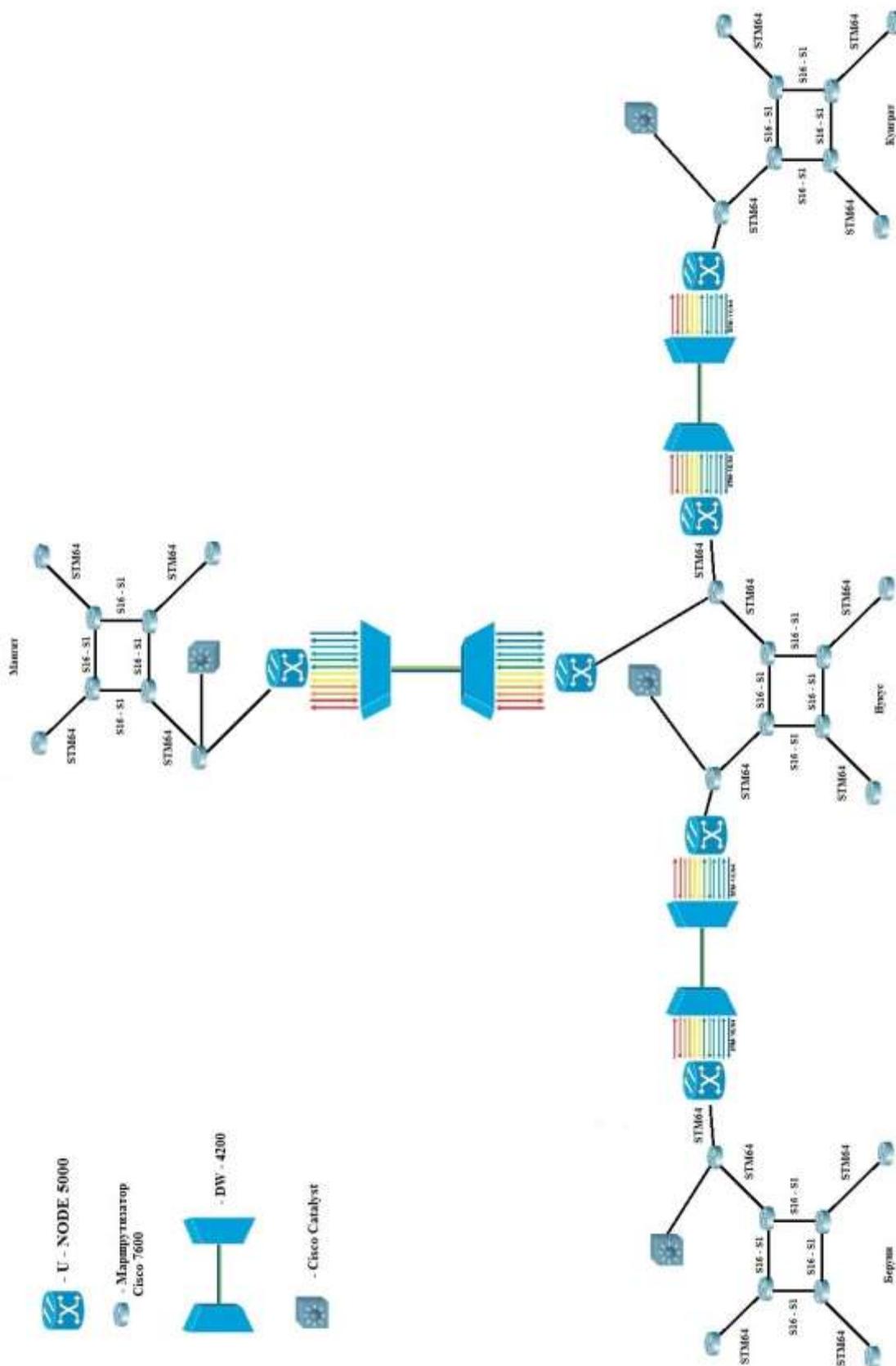


Рисунок 2.7. Схема модернизации IP сети.

## Ш.ГЛАВА. Выбор и настройка компонентов IP сети

### 3.1. Компоненты транспортной сети

Решение U – NODE 5000 позволяет упростить инфраструктуру сети и соответственно сократить затраты на внедрение решения. Лучшие в отрасли показатели плотности сервисных интерфейсов, впервые реализованная неограниченная одноэтапная коммутация VT – 1.5/VC – 12 со скоростью 80 Гбит/с, интегрированная коммутация уровня 2 (пакетная) и поддержка широкого спектра оптических модулей операторского класса с различными параметрами, такими, как скорость передачи, число волновых каналов и дальность, все это позволяет создавать на основе этой платформы конфигурации, отвечающие реальным потребностям компаний, и более эффективно использовать имеющуюся емкость шасси.

Платформа U – NODE 5000, являющаяся новым шагом в развитии прекрасно зарекомендовавшей себя на рынке оптической технологии NEC, представляет собой компактное, универсальное решение, которое устанавливает новые экономические стандарты для широкополосных соединений благодаря высочайшему уровню масштабируемости, гибкости, надежности и безопасности.

Достоинства платформы:

- Снижение расходов на приобретение оборудования и операционных затрат;
- Более эффективная организация широкополосных соединений, обслуживающих приложения с высокими требованиями к пропускной способности;
- Разнообразие поддерживаемых сервисов и высокая плотность интерфейсов, позволяющие снизить совокупную стоимость владения;
- Богатый выбор оптических интерфейсов с различными показателями дальности, скорости передачи и количества волновых каналов.

Основные свойства:

- Функциональность коммутатора с поддержкой качества обслуживания (QoS);
- Коммутатор расположен непосредственно в карте;
- Виртуальные локальные сети;
- Основанные на тэгах (VLAN tag);
- Политики и QoS для каждого клиента;
- Соединения из точки в точку с использованием общего оборудования;
- Масштабирование до 64 групп VCG на каждую карту;
- Ширина полосы своя для каждого клиента;
- Статистическое мультиплексирование.

Таблица 3.1. Общие технические характеристики мультиплексора U – Node 5000

	Интерфейс	Каналов на блок	Резервирование (защита)				Блок (N = от 1 до 8)
			4-проводная MSRing	2-проводная MSRing	SNCР	Линейная MSP	
Главная полка							
Поддержка линейного интерфейса и режима резервирования	STM-64, оптический	1		○	○		1 + 1, 1:1
	STM-16, оптический	1	○	○	○	○	1 + 1, 1:1
	STM-4, оптический	От 1 до 4			○	○	1 + 1, 1:1
	STM-1, оптический	От 1 до 16			○	○	1 + 1, 1:1
	STM-1, электрический	4 / 8 / 16			○		1:1
	Gigabit Ethernet	2 / 4					
	Fast Ethernet	6					
	45 Мбит/с	6					1:1
	34 Мбит/с	6					1:1
2 Мбит/с	63					1:N	
Уровень кроссконнекта	256×256 VC-4, 2016×2016 VC-12 (PSW40B) Непрерывная конкатенация VC-4-4с, VC-4-16с Виртуальная конкатенация VC-4-Xv или VC-12-Xc						

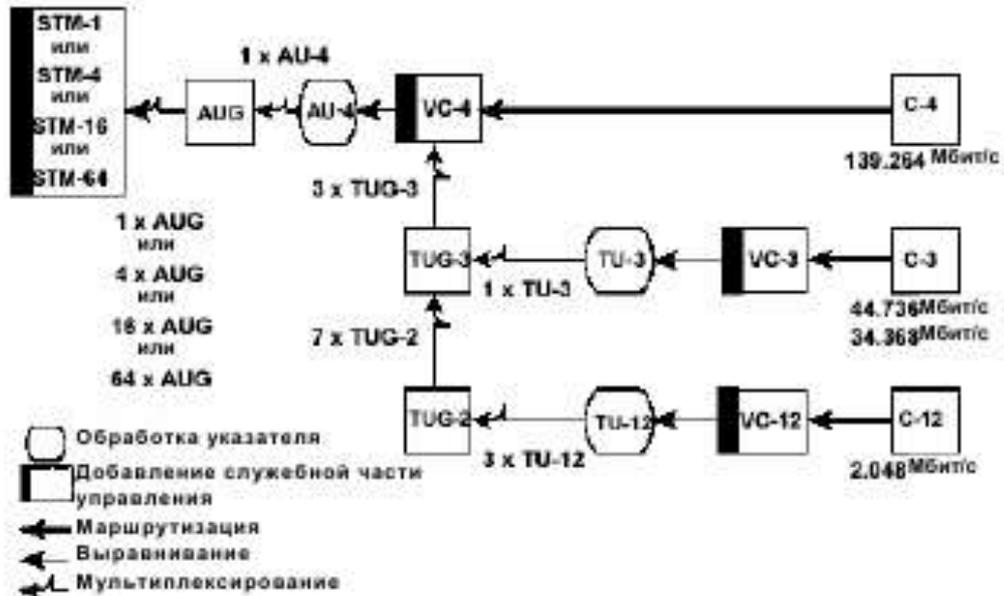


Рисунок 3.1. Структура мультиплексирования U-Node 5000.

## Сетевые приложения

Мультиплексор U – Node 5000 поддерживает различные топологические схемы и типы резервирования сетей, которые сводятся к следующим:

- Линейные с резервированием линии;
- 2/4-проводная волоконно-оптическая система MS – SPRing
- 2/4-проводная волоконно-оптическая система SNCP
- Обеспечение межсетевого обмена по кольцевой сети
- Многокольцевые сети
- Виртуальная сотовая кольцевая сеть с резервирование тракта MS – SPRing поддерживается в кольцевых сетях STM-64/16 мультиплексора U – Node 5000.

Защита SNCP поддерживается на оптических интерфейсах STM – 64/16/4/1. Разносторонние возможности сетевых приложений позволяют мультиплексу U-Node 5000 предлагать высоконадежные, экономичные, расширяемые и оптимизированные сетевые решения.

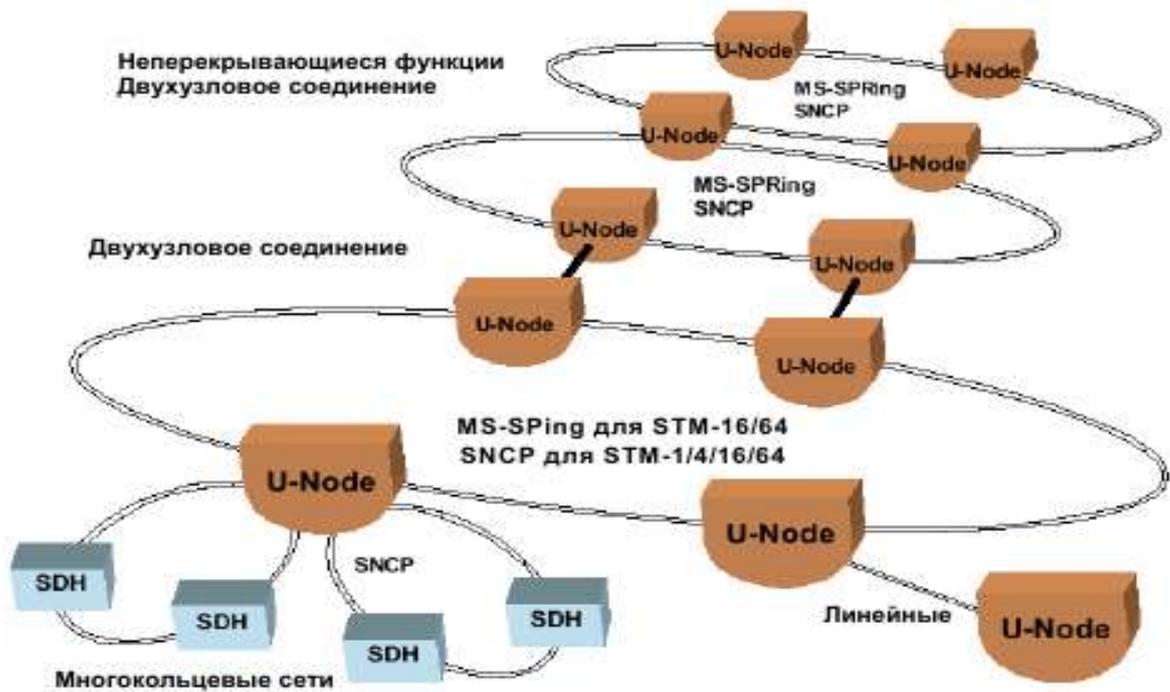


Рисунок 3.2. Сетевые приложения мультиплексора U – NODE 5000.

### Повышение уровня до STM-64

Одной из необходимых возможностей для того, чтобы справиться с быстрым ростом трафика, является малозатратное повышение уровня до STM – 64. Мультиплексор U – Node 5000, работающий с STM – 16, может быть модернизирован до уровня STM – 64 с минимальными затратами. В случае применения обычных системам SDH оборудование STM – 64 значительно отличается от оборудования STM – 16. Существующие системы STM – 16 должны быть сняты для перекомпоновки базового оборудования

или подключены к системе STM – 64 при помощи интерфейсов STM – 16. Оба эти способа не экономичны.

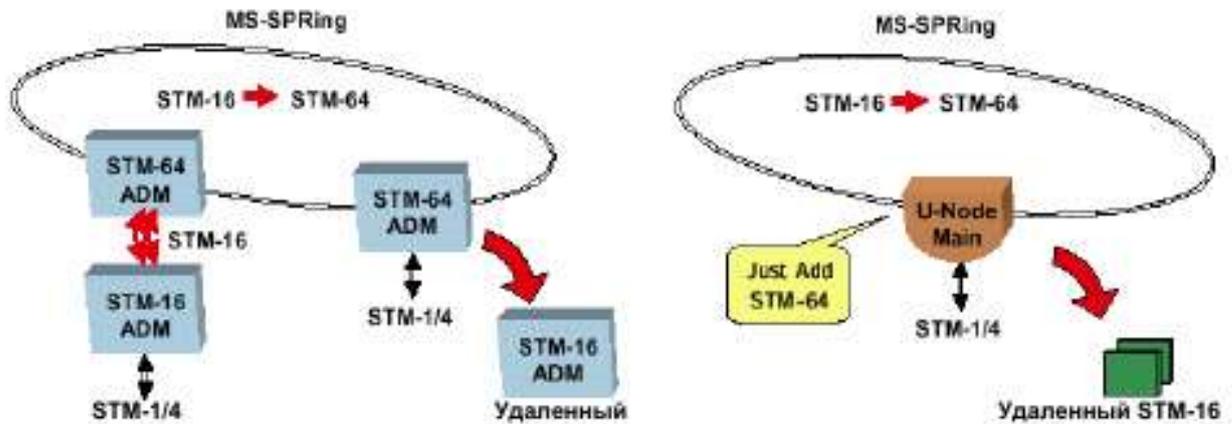


Рисунок 3.3. Повышение уровня до STM – 64, слева предыдущая SDH, справа U – NODE 5000.

### Регенератор универсального узла (U – Node)

Регенератор U – Node представляет собой систему регенерации сигналов STM – 16/64 с устройством подавления небольших искажений сигнала G.958 для увеличения дальности передачи данных. Помимо этого, блок SINF16R может использоваться вместо блока SINF64R.



Рисунок 3.4. Функциональная блок-схема регенератора U-Node.



## **ОНС**

Контроллер служебной части имеет доступ пользователя байта служебной части, включая служебную связь и интерфейсы сигнализации при плохом состоянии помещения/контроль за состоянием помещения. Этот блок также поддерживает канал передачи данных. Каналы передачи данных DCCr и DCCm (максимум 12 каналов DCC) могут назначаться для дистанционного управления.

## **SINF16**

SINF16 представляет собой блок интерфейса STM-16.

Функции данного блока включают в себя:

- Преобразование Э/О (электронный/оптический) и О/Э (оптический/электронный);
- Автоматическое гашение лазера для обеспечения безопасности персонала;
- Цветной оптический интерфейс для интеграции системы SpectralWave DWDM (SINF16).

## **SINF64**

SINF64 представляет собой блок интерфейса STM – 64.

Функции данного блока включают в себя:

- Преобразование Э/О (электронный/оптический) и О/Э (оптический/электронный);
- Автоматическое гашение лазера для обеспечения безопасности персонала;
- Цветной оптический интерфейс для интеграции системы SpectralWave DWDM.

## Модуль L2SW с FE

Модуль L2SW предназначен для обеспечения транспортировки через Fast Ethernet. Для транспортировки в режиме 10Base/100Base с использованием фреймов SDH путем отображения LASP или GFP (ITU – T G.7041 GFP – F) применяется виртуальная конкатенация. Таким образом обеспечивается передача по существующим сетям SDH трафика IP, соответствующего различным типам устройств.

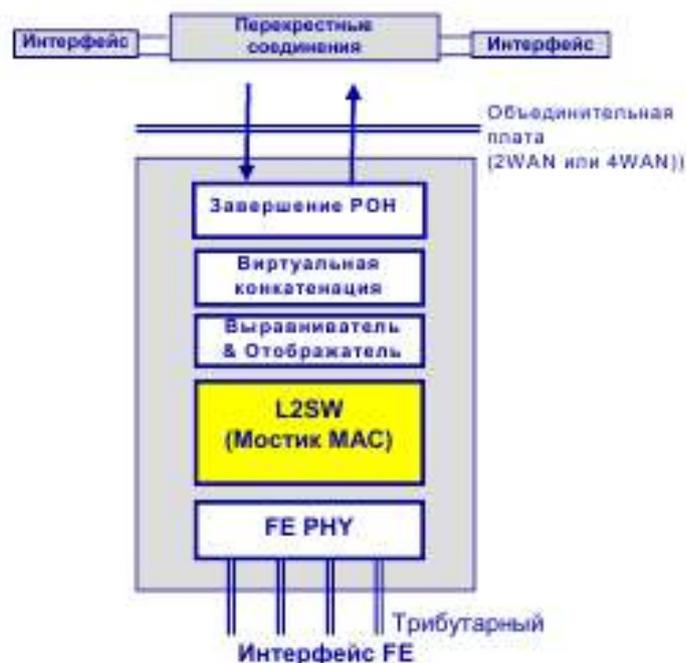


Рисунок 3.7. Модуль L2SW.

L2 SW поддерживает следующие функции:

- MAC, Релейные объекты /STP IEEE 802.1D;
- VLAN, Порт/Тег (IEEE 802.1Q);
- QoS IEEE 802.1p;
- Максимальный фрейм (максимальный передаваемый блок = 1568);

- Управление потоком данных IEEE 802.3x.

### **Traffic Management**

- 5 классов обслуживания (802.1p);
  - Policing (с гранулярностью 64кбит/с);
  - 4 порта GE SFP;
  - Link Aggregation (802.3ad);
  - VLAN;
  - Stacked VLANs – QiQ:
- 1) Tagged/untagged frames.

#### Интерфейсы WAN:

- инкапсуляция GFP – F;
- GFP работает с оборудованием NEC и другим, соответствующим стандарту;
- 64 групп VCG (или WAN);

Модуль L2SW для платформы U – NODE 5000 позволяет предоставлять услуги тем, чье оборудование работает на 2-ом уровне сетевой архитектуры – Ethernet. Оно обеспечивает возможность объединять и коммутировать Ethernet – сети. Ethernet – сервисы, которые поддерживают модули L2SW, можно назвать виртуальными Ethernet – сервисами. Виртуальный Ethernet – сервис – это когда мультиплексируется множество клиентских потоков данных внутри имеющейся транспортной инфраструктуры (либо на 1 – ом уровне, либо на 2 – ом).

Такие Ethernet-сервисы называют Ethernet Virtual Line (EVL) или Ethernet Line Aggregation (ELA).

Главным достоинством модулей L2SW для использования на магистральной сети 6 узла «ГТТ» является важная возможность – управление QoS трафика IP – сети. В виду и так имеющих место быть накладных

расходов при инкапсуляции Ethernet в SDH при помощи GFP, что влечет уменьшение реальной полосы пропускания, приоритезация трафика по QoS выходит на первый план для возможности обеспечения договорных обязательств по полосе пропускания перед клиентами.

### **Возможности коммутатора сервисов 2-го уровня EPL**

EPL предоставляет сервис, обеспечивающий соединение точка – точка на втором уровне, с использованием интерфейсов Ethernet. Коммутатор EPL следует рассматривать как эволюцию выделенных/арендованных каналов через TDM, которая имеет такие же коэффициент готовности и качественные показатели, но за меньшую стоимость и с большей эффективностью. Данный вид услуги поддерживает расширенные атрибуты (например, настраиваемую полосу пропускания), которые являются дополнительным преимуществом для услуг пакетной передачи. Услуги через коммутатор EPL предоставляются конечным пользователям, используя ресурсы резервированной транспортной сети. При этом трафик конечных пользователей разделен по различным виртуальным контейнерам в SDH (так называемая изоляция на уровне 1 в TDM). Услуга Ethernet Private Line (выделенное соединение Ethernet) способна обеспечить требуемый уровень сервиса и производительности, прописанный в SLA, и поддерживает QoS, высокую безопасность и доступность. Поэтому данный вид услуги подходит для клиентов уровня операторов связи и для критических для бизнеса приложений. EPL упаковывает Ethernet фреймы напрямую в SDH фреймы, что вместе с применением технологии Virtual Concatenation (VCX) дает эффективность использования полосы пропускания и возможность адаптивной настройки. Предоставление сервиса EPL дает возможность сервис – провайдерам предлагать услуги с лучшей гибкостью и масштабируемостью. Ключевая особенность заключается в пакетно-

оптимизированном транспорте нового поколения. Также может предоставлять услуги, используя кольцевую топологию и STP (Spanning Tree Protocol) для обеспечения быстрого восстановления связи при отказе одного из нескольких путей (избыточных). Одним из главных достоинств модулей EPL является их сравнительно низкая стоимость.

### 3.2. Компоненты IP сети

В качестве узлового оборудования будем использовать маршрутизаторы и коммутаторы производства Cisco Systems. Такое решение было выбрано исходя из того, что в имеющейся сети передачи данных базовым оборудованием уровня ядра уже долгое время являлись устройства Cisco Systems и продемонстрировали отличную эффективность и надежность. С технической стороны, устройства одного производителя гораздо легче «состыковать» между собой во многих отношениях.

Таблица 3.2. Характеристики маршрутизаторов

Названия компаний, модель	Пропускная способность, Гбит/сек	Производительность, Пакетов/сек	Поддержка технологий	Цена доллары
Cisco 7600	720	400	от OC-48/STM-1 до DS0	25000 USD

Juniper CTP2056	12	300	от OC- 48/STM-1 до DS0	20000 USD
D – LINK DVG – N5402SP	0.3 - 1	100	от OC- 48/STM-1 до DS0	15000 USD

В качестве маршрутизатора уровня ядра IP – сети был выбран Cisco 7600, признан и используемый большинством серьезных операторов. Только данные модели устройств в линейке данного производителя могут обеспечить ту мощность по обработке, передаче, маршрутизации трафика, которая есть на данный момент и ту, которую планируется задействовать в ближайшем будущем.

Cisco 7600 обеспечивает пропускную способность коммутации трафика до 720 Гбит/с за счет модуля Cisco Route Switch Processor 720 (RSP 720). Различные виды модулей, устанавливаемые в данный маршрутизатор, позволяют организовывать клиентские подключения типа Ethernet со скоростями от 10 Мбит/с до 10 Гбит/с.

Этот маршрутизатор позволяют использовать по два установленных роутинг-процессорных модуля, работающих в hot-standby режиме и обеспечивающие 100% резервирование в случае отказа одного из этих модулей. Также устанавливается по два блока питания на каждый маршрутизатор и обеспечивается 100% резервирование по питанию. Для построения основных магистральных каналов используем модули для Cisco

7600, поддерживающие установку контроллеров интерфейсов 10GE в формате XENPAK в модули 4x10GE.

В качестве коммутаторов доступа используем серию коммутаторов Cisco 3750 и 3750 – 10GE.

Маршрутизаторы серии Cisco 7600 реализуют надежные и высокопроизводительные функции IP/MPLS и предназначены для использования в качестве граничного маршрутизатора в сетях провайдеров услуг, а также в сетях MAN/WAN крупных предприятий. Поддерживая различные интерфейсы и технологию адаптивной обработки сетевого трафика, маршрутизаторы серии Cisco 7600 предлагают интегрированные услуги Ethernet, частных линий и агрегации абонентских подключений.

Маршрутизаторы серии Cisco 7600, которые приходят на смену существующим маршрутизаторам серии Cisco 7500, обладают таким же набором функций программного обеспечения Cisco IOS и поддерживают имеющиеся адаптеры портов для маршрутизаторов Cisco 7200/7500 (технология FlexWAN). Кроме того, маршрутизаторы серии Cisco 7600 обеспечивают производительность на уровне нескольких Гбит/с в расчете на слот, выпускаются в различных форм-факторах и поддерживают улучшенные модули оптических интерфейсов для предоставления высокопроизводительных услуг. Мультипроцессорный модуль WAN – приложений обеспечивает интеллектуальное агрегирование широкополосных Ethernet-соединений и позволяет использовать маршрутизатор серии Cisco 7600 в качестве концентратора доступа Ethernet L2TP или в качестве сетевого сервера L2TP с высокой плотностью абонентских подключений.

Возможные варианты использования маршрутизаторов серии Cisco 7600 в сетях IP/MPLS:

- Городские сети Metro Ethernet
- а) Агрегирование каналов Ethernet;
- б) Многоточечные услуги Ethernet VPLS;

- в) Услуги 10 Gigabit Ethernet высокой плотности (IPv4 и IPv6);
  - Агрегирование частных линий
- а) Высокоскоростные и низкоскоростные интерфейсы (от OC-48/STM-16 до DS0);
- б) Витая пара или оптоволокно;
  - Услуги MPLS
- а) Виртуальные частные сети уровня 3 на базе MPLS;
- б) Транспорт Ethernet/Frame Relay/ATM по сети MPLS на схеме "точка – точка";
  - Агрегирование абонентов Ethernet
- а) Протокол PPPoE;
- б) Сетевой сервер L2TP;
- в) Шлюз абонентских услуг;
  - Агрегирование распределенных сетей
  - Опорный маршрутизатор сети головного офиса

Серия Cisco 7600 реализована на базе шасси Cisco Catalyst 6600, поэтому имеется возможность комбинации интерфейсных модулей серии Catalyst 6000, включая модуль FlexWAN. Cisco 7600 обеспечивает все сервисы, которые поддерживаются на маршрутизаторах серии Cisco 7500. Кроме того, поддерживаются новые оптические модели Optical Services Modules (OSMs), которые позволяют использовать OSR в качестве пограничного решения для сетей поставщиков услуг Internet. Благодаря реализации Cisco 7600OSR на базе шасси Cisco Catalyst 6600 обеспечивается возможность комбинации OSM модулей и LAN модулей серии Catalyst 6000, включая модуль FlexWAN.

#### **IV. ГЛАВА. Расчёт надёжности сети**

Надёжность работы системы связи, т.е. способность сети связи выполнять заданные функции по передаче информации с установленной нормами достоверностью в течение длительного времени, – это то, к чему стремится и потребитель услуг связи, и поставщик услуг связи, и оператор сети связи. Обеспечить высокую надёжность важно, как операторам связи с разветвленной сетью большой емкости и протяженности, так и организациям. По мере увеличения скорости передачи информации возрастают требования к надёжности системам передач. Поэтому вопросам надёжности системам передач необходимо уделять внимание как на этапах их проектирования, так и на этапах строительства и эксплуатации. В конечном счете задача обеспечения высокой надёжности функционирования ложится на плечи службы эксплуатации сети. Правильно спроектированная и построенная сеть облегчает достижение высокой надёжности при эксплуатации и в конечном счете снижает эксплуатационные расходы. Следует отметить, что по мере развития сетей доля эксплуатационных расходов в сравнении с первоначальными капитальными затратами возрастает и поэтому вопросам правильного анализа и планирования сетей связи необходимо уделять повышенное внимание.

В теории надежности обычно различают надежность систем и надежность входящих в них элементов.

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

Надежность – это свойство системы (элемента) выполнить заданные функции при определенных 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.

Под эксплуатационной надежностью понимается надежность, определяемая в реальных условиях эксплуатации с учетом комплексного воздействия внешних и внутренних факторов, связанных с климатическими и географическими особенностями эксплуатации, реальными режимами работы системы и условиями ее обслуживания.

Под технической (номинальной) надежностью понимается надежность, определяемая путем испытания в заводских условиях при работе аппаратуры в соответствии с типовыми режимами, оговоренными в технических условиях.

В приведенном ранее определении надежности 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 надежность можно понимать, как совокупность трех свойств: безотказность, восстанавливаемость и долговечность.

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

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

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

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.

Различают следующие виды отказов:

Внезапные, которые возникают в результате резкого скачкообразного изменения основных параметров под воздействием многих случайных факторов, связанных с внутренними дефектами элементов, нарушением рабочих режимов, ошибками обслуживающего персонала и другими неблагоприятными воздействиями. Для постепенных отказов характерно

плавное изменение параметров в результате изнашивания и старения системы (элемента).

Явные, отличающиеся от неявных тем, что первые обычно обнаруживаются при внешнем осмотре или включении аппаратуры, а для обнаружения отказов второго типа требуется применение специальных измерений.

Независимые – это такие отказы, возникновение которых не связано с предшествующими отказами других элементов. Зависимые отказы происходят в результате перегрузок и других воздействий, связанных с выходом из строя взаимосвязанных элементов.

Полные, приводящие к полному нарушению работоспособности системы (элемента). Частичный отказ вызывает ухудшение качества функционирования.

Устойчивые, которые устраняются только в результате проведенного ремонта (замены отказавшего элемента) или регулировки.

Временные, которые могут самопроизвольно исчезать без вмешательства обслуживающего персонала после устранения вызвавшей их причины.

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.

Более общим, чем отказ является понятие неисправность, под которой подразумевается несоответствие системы (элемента) одному или нескольким требованиям, предъявляемым в отношении как основных параметров, так и удобств эксплуатации, внешнего вида, комплектности и т.п.

Количественные характеристики надежности описываются показателями. Показатель надежности – это мера, посредством которой производится количественная оценка. Численное значение какого-либо

показателя для конкретной системы иногда называют параметром надежности. К параметрам надежности предъявляются следующие основные требования:

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

Для полной количественной характеристики основных сторон надежности используются различные показатели, которые удобно разделить на несколько групп.

К показателям безотказности относятся: вероятность безотказной работы; частота отказов; интенсивность отказов; среднее время безотказной работы; наработка на отказ (среднее время работы между отказами).

Первые четыре показателя используются главным образом для оценки надежности невосстанавливаемых изделий. Однако они могут применяться и при оценке надежности восстанавливаемых изделий до появления первого отказа. Пятый показатель имеет смысл только по отношению к восстанавливаемым изделиям.

Эффективность использования оборудования СП, его приспособленность к выполнению основных функций в конкретных условиях эксплуатации в течение заданного времени определяется рядом эксплуатационно-технических характеристик.

Показателями восстанавливаемости являются: вероятность восстановления; среднее время восстановления; интенсивность восстановления.

Показателями технического обслуживания являются: вероятность обслуживания; среднее время обслуживания.

#### 4.1. Показатели надежности

##### Вероятность безотказной работы

Одним из распространенных количественных показателей надежности является вероятность безотказной работы элемента  $p(t)$  или  $P(t)$  за определенный промежуток времени. Вероятность безотказной работы – это вероятность того, что за заданный интервал времени не произойдет ни одного отказа.

Вероятность безотказной работы элемента можно представить, как вероятность того, что время исправной работы будет больше некоторого заданного времени:

$$p(t)=P(T>t) \quad (1)$$

##### Частота отказов

Под *частотой отказов* понимают число отказов в единицу времени. Если в процессе испытаний на надежность  $N$  элементов фиксировать число отказов, происшедших в определенные интервалы, то частота отказов в данный промежуток времени определится как

$$f = \frac{\Delta n_1}{N\Delta t_1}, \quad (2)$$

где  $\Delta n_1$  – число отказов;

$\Delta t_1$  - определенный интервал времени.

## Интенсивность отказов

Показателем, наиболее полно характеризующим надежность невосстанавливаемых элементов, является интенсивность отказов.

Под *интенсивностью отказов* понимают число отказов в единицу времени, отнесенных к числу элементов, оставшихся исправными к началу рассматриваемого промежутка времени. Как и частота отказов, эта характеристика надежности может быть получена из опытных данных и рассчитывается по формуле:

$$\lambda_1 = \Delta n_1 / (N - n_1) \Delta t_1. \quad (3)$$

Типичная кривая изменения интенсивности отказов системы во времени показана на рис. 4.1.

Участок I соответствует начальному периоду приработки аппаратуры. В этот период наблюдается повышенное число отказов за счет различных производственных недостатков и выхода из строя наиболее слабых элементов со скрытыми дефектами. По мере выхода из строя дефектных элементов и замены полноценными интенсивность отказов системы понижается. Продолжительность периода приработки составляет обычно десятки, а иногда сотни часов.

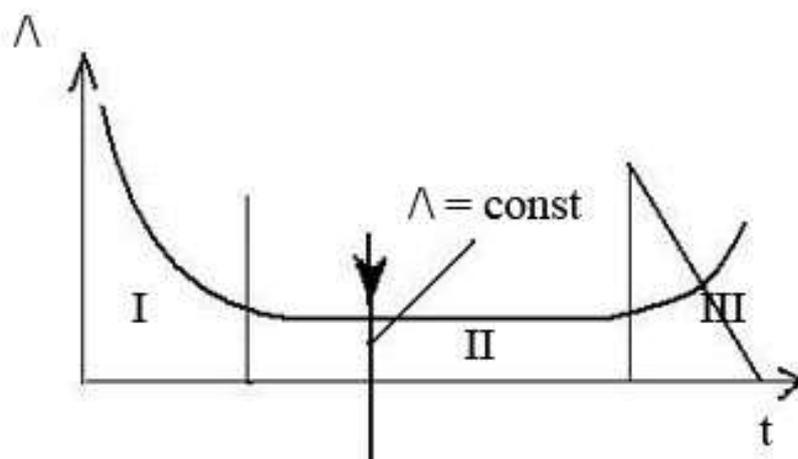


Рисунок 4.1. Кривая изменения интенсивности отказов.

Участок II, называемый обычно периодом нормальной эксплуатации системы, характеризуется пониженным уровнем и примерном постоянством интенсивности отказов. Здесь отказы в основном носят внезапный характер. Продолжительность этого периода зависит от среднего срока службы массовых элементов аппаратуры и условий эксплуатации. Он составляет обычно несколько тысяч часов и характеризует долговечность аппаратуры. Интенсивность отказов в период нормальной эксплуатации может быть понижена за счет профилактических мероприятий.

Наличие горизонтального участка кривой интенсивность отказов аппаратуры на наиболее продолжительном и важном для практики периоде II нормальной эксплуатации значительно упрощает задачу определения критериев и расчета надежности аппаратуры. В этом случае для нахождения интенсивности отказов системы пользуются усредненными значениями интенсивностей отказов элементов, которые определяются путем обработки статистических данных, полученных из опыта эксплуатации или специальных испытаний элементов различных групп на надежность

Если система состоит из  $k$  групп элементов с одинаковой надежностью внутри группы и известны число элементов  $N_i$  в каждой группе и значения интенсивности отказов элементов  $I_i$ , то общая интенсивность отказов такой системы для периода нормальной эксплуатации определяется путем простого суммирования произведений  $N$

$$A = N_1 \lambda_1 + N_2 \lambda_2 + \dots + N_n \lambda_n = \sum_{i=1}^n N_i \lambda_i \quad (4)$$

Участок III обусловлен износом и старением массовых элементов (сопротивлений, конденсаторов, изоляции и т.д.) и характерен значительным

ростом числа отказов. С наступлением этого периода дальнейшая эксплуатация системы нецелесообразна.

### Среднее время безотказной работы

Надежность 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 надежность по формуле:

$$T_{\text{ср}} = \sum_{i=1}^N t_i / N, \quad (5)$$

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

### 4.2. Нарботка на отказ

*Нарботка на отказ* – это среднее число часов работы между двумя соседними отказами. Таким образом если аппаратура определенного типа проработала суммарное время  $T$  часов за определенный календарный срок и имела при этом  $n$  отказов в работе, то наработка на отказ рассчитывается по формуле

$$T_0 = T/n. \quad (6)$$

*Среднее время восстановления*  $T$  – это математическое ожидание случайной величины – времени восстановления. Если за определенный период эксплуатации аппаратуры произошло  $n$  отказов, то, просуммировав

промежутки времени, затраченного на обнаружение и устранение отказов, и разделив эту сумму на число восстановлений, равное числу отказов, получим величину среднего времени восстановления:

$$T = \sum_{i=1}^n \tau_i/n \quad (7)$$

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

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

#### **4.3. Расчет надежности, основанный на использовании параллельно-последовательных структур**

Пусть некоторая техническая система  $D$  составлена из  $n$  элементов (узлов). Допустим, надежности элементов нам известны. Возникает вопрос об определении надежности системы. Она зависит от того, каким образом элементы объединены в систему, какова функция каждого из них и в какой мере исправная работа каждого элемента необходима для работы системы в целом. Параллельно-последовательная структура надежности сложного изделия дает представление о связи между надежностью изделия и надежностью его элементов. Расчет надежности ведется последовательно -

начиная от расчета элементарных узлов структуры к ее все более сложным узлам. Расчет надежности в данном случае сводится к расчету отдельных участков схемы, состоящих из параллельно и последовательно соединенных элементов.

### **Система с последовательным соединением элементов**

Самым простым случаем в расчетном смысле является последовательное соединение элементов системы. В такой системе отказ любого элемента равносителен отказу системы в целом. По аналогии с цепочкой последовательно соединенных проводников, обрыв каждого из которых равносителен размыканию всей цепи, мы и называем такое соединение "последовательным". Следует пояснить, что "последовательным" такое соединение элементов является только в смысле надежности, физически они могут быть соединены, как угодно.



Рисунок 4.2. Блок-схема системы с последовательным соединением элементов.

С позиции надежности, такое соединение означает, что отказ устройства, состоящего из этих элементов, происходит при отказе элемента 1 или элемента 2, или элемента 3, или элемента n. Условие работоспособности можно сформулировать следующим образом: устройство работоспособно, если работоспособен элемент 1 и элемент 2, и элемент 3, и элемент n.

### **Система с параллельным соединением элементов**

На рис. 4.3. представлено параллельное соединение элементов 1, 2, 3. Это означает, что устройство, состоящее из этих элементов, переходит в состояние отказа после отказа всех элементов при условии, что все элементы системы находятся под нагрузкой, а отказы элементов статистически независимы.

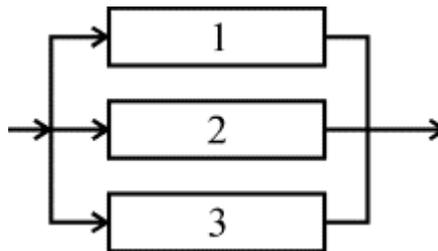


Рисунок 4.3. Блок-схема системы с параллельным соединением элементов. Условие работоспособности устройства можно сформулировать следующим образом: устройство работоспособно, если работоспособен элемент 1 или элемент 2, или элемент 3, или элементы 1 и 2, 1; и 3, 2; и 3, 1; и 2; и 3.

#### 4.4. Расчетная часть

В проектируемом оборудовании имеется 18 плат. Рассчитаем среднее время безотказной работы, частоту отказов, интенсивность отказов за 10 лет.

1) Находим среднее время безотказной работы по формуле (5):

$$T_{\text{ср}} = \sum_{i=1}^N t_i N, \quad (5)$$

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

$$T_{cp} = 18 * 24 * 3650 = 1576800.$$

- 2) Определяем частоту отказов по формуле (2):

$$f = 1 / 25920 = 0,0000006342.$$

- 3) Определяем интенсивность отказов по формуле (3):

$$\lambda_1 = \frac{1}{18-1} * 1576800 = 92752,941117647.$$

- 4) Вероятность безотказной работы находим по формуле

$$\tilde{R}(t) = 1 - \frac{n(t)}{N} \quad (8)$$

где  $N$  – число объектов, работоспособных в начальный момент времени;

$n(t)$  – число объектов, отказавших на отрезке от 0 до  $t$ .

Отсюда вероятность безотказной работы равняется 0,94.

- 5) Далее находим значения наработки до первого отказа по формуле

$$\tilde{T}_0 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N t_i \quad (9)$$

равняется 87600 дней, т.е. 10 лет.

## **V. ГЛАВА. Техника безопасности и охрана труда**

### **5.1. Общие требования охраны труда**

5.1.1. В системах передачи выполняются следующие виды работ:

- проверка работоспособности и измерению каналов устройств связи систем передачи;
- работы по демонтажу устаревшего оборудования, установке, монтажу и настройке нового оборудования;
- работы по техническому обслуживанию аппаратуры систем передачи (механическая и электрическая профилактика);
- работа, связанная с использованием инструментов и измерительных приборов.

5.1.2. К самостоятельной работе с переносными электроинструментами (электропаяльниками, электродрелью и другими) и измерительными приборами допускаются лица не моложе 18 лет, прошедшие обучение

безопасным приёмам и методам труда по основной профессии и по электробезопасности и инструктаж на рабочем месте.

5.1.3. Допуск к работам производится только после проведения инструктажа на рабочем месте и росписи работников в журнале по технике безопасности и охране труда установленной формы.

5.1.4. Помещение системы связи является помещением с повышенной опасностью, т.к. имеется возможность одновременного прикосновения к токоведущим частям аппаратуры, с одной стороны и к металлическим корпусам оборудования и измерительных приборов с другой.

5.1.5. Выполняйте только ту работу, которая Вам поручена и которая соответствует Вашей специальности. В необходимых случаях (незнакомая работа, незнание безопасных приёмов труда и т.п.) требуйте у руководителя работ объяснения и показа безопасных приёмов и методов труда.

5.1.6. При совместной работе с другими работниками согласовывайте свои взаимные действия, следите чтобы их и Ваши действия не привели к чьей-нибудь травме.

5.1.7. Во время работы не отвлекайтесь сами и не отвлекайте от работы других работников.

5.1.8. Не включайте электропитание той аппаратуры, работа на которой Вам не поручена.

5.1.9. Соблюдайте требования правил внутреннего трудового распорядка. Употребление алкогольных напитков и появление на рабочем месте в нетрезвом виде запрещено. Курите только в специально отведённых местах.

5.1.10. Использование противопожарного инвентаря не по назначению запрещено. Не заграждайте подходы к огнетушителю.

5.1.11. Требования настоящей инструкции являются обязательными для всех работников. Невыполнение этих требований рассматривается как нарушение трудовой и производственной дисциплины.

## **5.2. Требования охраны труда перед началом работы**

- 5.2.1. Оденьте положенную Вам спецодежду, приведите её в порядок. Приготовьте средства индивидуальной защиты, убедитесь в их исправности. Неисправные средства индивидуальной защиты замените.
- 5.2.2. Освободите рабочее место от посторонних предметов.

## **5.3. Требования охраны труда во время работы**

- 5.3.1. Аппаратура систем передачи укреплена, корпуса оборудования соединены с защитным заземлением.
- 5.3.2. К действующей аппаратуре связи подведены питающие напряжения: от источника постоянного тока напряжением 48В + 10% и от источника переменного тока напряжением 380 В.
- 5.3.1. Перед включением электропитания измерительных приборов их корпуса необходимо заземлить, соединив шнуром клеммы заземления ( $\perp$ ) с корпусом оборудования.
- 5.3.2. Замену перегоревших предохранителей на оборудовании измерительных приборов выполнять только при выключенном питании.
- 5.3.3. Запрещается вместо сгоревших предохранителей ставить временные перемычки из проволоки.
- 5.3.4. Чистку блоков аппаратуры, пайку перемычек и элементов выполнять только при выключенном электропитании.
- 5.3.5. Корпус паяльника, питающегося от напряжения 220 В, должен быть заземлён.
- 5.3.6. При работе на высоте (платы вводных гребёнок) стремянка должна быть надёжно установлена. Запрещается становиться на верхнюю ступень стремянки, класть на её ступени инструменты и измерительные приборы.

5.3.7. В процессе измерений необходимо соединять шнурами сначала выходные (входные) гнёзда измерительного прибора, а затем подключать шнур к соответствующим гнёздам оборудования.

5.3.8. При измерении напряжения переносным вольтметром следует использовать изолированные шнуры с металлическими наконечниками в изолированном корпусе.

#### **5.4. Требования охраны труда в аварийных ситуациях**

5.4.1. Запрещается эксплуатировать электроинструмент при возникновении во время работы хотя бы одной из неисправностей. Надо немедленно прекратить работу, отключить электроинструмент от сети штепсельной вилкой.

5.4.2. В случае повреждения рабочего инструмента нужно немедленно прекратить работу и заменить неисправный рабочий инструмент.

5.4.3. В случае внезапного прекращения подачи электроэнергии необходимо отключить питание электроинструментов, аппаратуры, измерительных приборов.

5.4.4. В случае обнаружения наличия напряжения на рукоятке электроинструмента (ощущение тока) необходимо немедленно выключить электроинструмент выключателем и отключить его от сети переменного тока.

5.4.5. В случае возникновения пожара:

а) Немедленно прекратите работу отключите электроинструмент от сети штепсельной вилкой, обесточьте электрооборудование и измерительные приборы с помощью цехового (лабораторного) рубильника.

б) Оповестите работников, дежурных по корпусу, о возникновении пожара и примите меры к тушению очага возгорания.

Помните, что горящую электропроводку, находящуюся под напряжением, следует тушить углекислотным огнетушителем ОУ - 2.

в) При невозможности ликвидации пожара или возгорания своими силами - эвакуироваться в безопасное место и сообщить о пожаре по телефону 101; сот. 010 (при этом необходимо назвать адрес объекта. Место возникновения пожара, а также сообщить свою фамилию.)

5.4.6. В случае происшествия или какого-либо несчастного случая необходимо освободить пострадавшего от воздействия травмирующего фактора, оказать ему первую медицинскую (доврачебную) помощь и сообщить руководителю работ о несчастном случае.

При освобождении пострадавшего от действия электрического тока следите за тем, чтобы самому не оказаться в контакте с токоведущей частью и под шаговым напряжением.

5.4.7. В случае отсутствия у пострадавшего дыхания и пульса сделать ему искусственное дыхание или провести непрямой (закрытый) массаж сердца до восстановления дыхания и пульса и вызвать «Скорую помощь» по телефону 103. Организовать сопровождение пострадавшего в лечебное учреждение.

## **5.5. Требования охраны труда по окончании работы**

5.5.1. После выполнения работы необходимо выключить измерительных приборов.

5.5.2. Отключите электроинструмент от сети переменного тока выключателем и штепсельной вилкой, очистите инструмент от пыли и грязи.

5.5.3. Уберите своё рабочее место.

5.5.4. Доложите ответственному инженеру по ТБ и ОТ, о возникших в процессе работы неисправностях.

## **Заключение**

В ходе работы над ВКР была спроектирована IP – сеть поверх действующей магистральной транспортной сети на базе 6 узла филиала «ТТТ», на участках «Нукус - Беруни», «Нукус - Кунград», «Нукус - Мангит». Был создан проект с использованием современных телекоммуникационных технологий.

В процессе реализации ВКР были проделаны следующие работы:

- ознакомление с существующей технологией на участках;
- изучение работы транспортной сети и его основных функций;
- проектирование и модернизация магистральной транспортной сети;

- проделан анализ необходимого оборудования;
- осуществлен выбор компонентов IP и транспортной магистральной сети;
- реализация данной модернизации.