**Аннотация**

Темой дипломного проекта является проектирование сети доступа оператора на базе технологии FTTx.

Ключевые слова: телекоммуникационная сеть доступа, волоконно-оптический кабель, пассивная сеть, оптическое волокно, технология PON и т.д.

В данном проекте осуществлен выбор топологии сети доступа, технологии передачи, типа оптического кабеля и оборудования, отвечающего всем требованиям пассивной сети. Рассмотрены основные вопросы по организации строительства телекоммуникационной сети доступа и вопросы прокладки волоконно-оптического кабеля.

Осуществлен анализ и разработаны мероприятия по обеспечению безопасности жизнедеятельности и пожарной профилактики. Приведен расчет технико-экономических показателей.

**Введение**

Первые оптоволоконные сети появились около тридцати лет назад и, в первую очередь, использовались для решения задач, стоящих перед оборонными ведомствами. Системы, разработанные в первом десятилетии, были востребованы в телефонных сетях и военных приложениях, использовали для передачи данных многомодовое градиентное волокно, а данные передавали в первом окне прозрачности — на волнах длиной от 800 до 900 нм.

Следующий этап был связан с переходом на одномодовое волокно и освоением нового окна прозрачности — для длин волн около 1300 нм. Переход на одномодовые волокна позволил повысить и скорость, и максимальные расстояния передачи данных. Оптические транки приходили на смену традиционным микроволновым и спутниковым системам передачи данных. В начале 80-х была достигнута рекордная по тем временам скорость передачи данных — 45 и 90 Мбит/с.

А уже в середине 80-х успехи в технологиях изготовления оптоволокна и электронно-оптических устройств позволили использовать волокно для подключения отдельных пользователей и организаций на расстояниях в пределах 10 километров. Первые линии передачи были двухточечными, но уже в конце 80-х были разработаны первые пассивно-оптические системы (PON), позволяющие реализовать топологии «точка-многоточка» без использования активных сетевых элементов. Сейчас светлое будущее пассивных оптических сетей почти ни у кого не вызывает сомнений. Появление этой технологии заставляет по-новому взглянуть на принципы построения сетей. На смену многоволоконным кабелям, насчитывающим десятки или даже сотни оптоволоконных жил и, как следствие, трудным в прокладке и монтаже, приходят маловолоконные сети.

В XXI веке потенциал для развития сети — разнообразие потребности абонентов. Что заставляет искать пути увеличения пропускной способности транспортных сетей. Поэтому параллельно с технологией DWDM развивалась технология PON (Passive optical networks). Пассивная оптическая сеть — оптическая сеть доступа, где к одному порту центрального узла может быть подключен целый волоконно-оптический сегмент древовидной архитектуры, охватывающий десятки офисов и жилых домов. В зависимости от конкретных требований сети, PON может быть развернута с помощью архитектур FTTx.

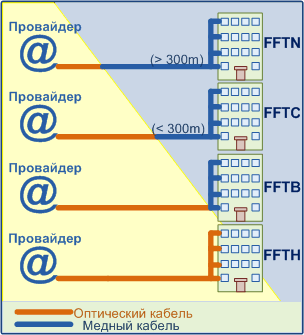
В соответствии с заданием к дипломному проекту требуется организовать сети доступа оператора на базе технология FTTx волоконно-оптическую линию связи, которая и обеспечит население всеми возможными телекоммуникационными услугами и даст возможность быстрого перехода к мультисервисным сетям связи.

**ГЛАВА 1 .Цель, обзор, обоснование и постановка задачи проекта.**

**1.1 Цель проекта.**

Основной целью дипломного проекта является проектирование сети доступа оператора на базе технологии FTTx. Fiber To The X или FTTx (англ. fiber to the x — оптическое волокно до точки X) — это общий термин для любой телекоммуникационной сети, в которой от узла связи до определенного места (точка X) доходит волоконно-оптический кабель, а далее, до абонента, — медный кабель (возможен и вариант, при котором оптика прокладывается непосредственно до абонентского устройства). Таким образом, FTTx — это только физический уровень. Однако фактически данное понятие охватывает и большое число технологий канального и сетевого уровня. С широкой полосой систем FTTx неразрывно связана возможность предоставления большого числа новых услуг.

**1.2** **Обзор технологии FTTx.**

[](http://nsc-com.com/get_image.php?fid=295) В семейство FTTx входят различные виды архитектур:

* **FTTN (Fiber to the Node)** — волокно до сетевого узла;
* **FTTC (Fiber to the Curb)** — волокно до микрорайона, квартала или группы домов;
* **FTTB (Fiber to the Building)** — волокно до здания;
* **FTTH (Fiber to the Home)** — волокно до жилища (квартиры или отдельного коттеджа).

Они отличаются главным образом тем, насколько близко к пользовательскому терминалу подходит оптический кабель.

На данный момент интенсивно растет интерес к развертыванию оптических сетей доступа с прокладкой кабеля до здания (FTTB), а также непосредственно до абонента (FTTH). В большей степени, такая ситуация объясняется постоянным ростом требований к пропускной способности каналов связи, поскольку сейчас наблюдается бум развития «тяжелых» интернет-приложений, включая онлайн-видео, 3D онлайн-видео, онлайн-игры и прочие сервисы. При этом запланированный набор услуг и необходимая для его предоставления полоса пропускания имеют самое непосредственное влияние на выбор технологии FTTx. Поэтому чем выше скорость доступа и чем больше набор предоставляемых абоненту услуг, тем ближе к абонентскому терминалу должно подходить оптическое волокно, т.е. нужно использовать технологии FTTH. В случае, когда приоритетом является сохранение уже имеющейся сетевой инфраструктуры и оборудования, оптимальным выбором будет FTTB. Если же говорить о сегодняшних реалиях, архитектура FTTB преобладает в новостройках и у крупных операторов связи, тогда как FTTH востребована в новом малоэтажном строительстве (например, в коттеджных городках в окрестностях крупных городов).

**Архитектура FTTN**- используется в основном как бюджетное и быстро внедряемое решение там, где существует распределительная "медная" инфраструктура и прокладка оптики нерентабельна. Всем известны связанные с этим решением трудности: невысокое качество предоставляемых услуг, обусловленное специфическими проблемами лежащих в канализации медных кабелей, существенное ограничение по скорости и количеству подключений в одном кабеле.

**Архитектура FTTC** – это улучшенный вариант FTTN, лишенный части присущих последнему недостатков. Архитектура FTTC в первую очередь предназначена для операторов, уже использующих технологии xDSL или PON, и операторов кабельного телевидения: реализация этой архитектуры позволит им с меньшими затратами увеличить и число обслуживаемых пользователей, и выделяемую каждому из них полосу пропускания. В России этот тип подключения часто применяется небольшими операторами Ethernet-сетей. Связано это с более низкой стоимостью медных решений и с тем, что монтаж оптического кабеля требует высокой квалификации исполнителя.

**Архитектура FTTB** - получила наибольшее распространение, так как при строительстве сетей FTTx на базе Ethernet – это, зачастую, единственная технически возможная схема построения сети. Кроме того, в структуре затрат на создание Ethernet-сети разница между вариантами FTTC и FTTB относительно небольшая. Также не следует забывать, что операционные расходы при эксплуатации сети FTTB ниже, а пропускная способность выше.

**Архитектура FTTH** - Вариант доступа FTTH является наиболее затратным, но в то же время и наиболее перспективным, среди всех типов доступа FTTx.

На первый взгляд, строительство сети FTTH — это очень трудоемкий и, соответственно, дорогостоящий процесс, но опыт подсказывает, что основные затраты при развертывании сети FTTH приходятся на строительные работы, а стоимость самого оптоволоконного кабеля составляет относительно небольшую часть. Это означает, что в случае необходимости проведения строительных работ количество прокладываемого оптоволоконного кабеля уже не имеет большого значения. Более того, хотя жизненный цикл сети FTTH и ее электронных компонентов составляет несколько лет, оптоволоконный кабель и оптическая распределительная сеть имеют более длительный срок службы (по крайней мере, 30 лет).

Архитектуры развернутых сетей FTTH можно разделить на три основные категории:

• «Кольцо» Ethernet-коммутаторов.

• «Звезда» Ethernet-коммутаторов.

• «Дерево» с использованием технологий пассивной оптической сети PON.

**1.3 Обоснование выбора проекта.**

На данный момент в сетях доступа преобладающим видом трафика остается голосовой (телефонный). Однако процесс совершенствования кабельных технологий связи идет непрерывно. В связи с этим широкое распространение получают новые технологии и услуги связи, такие как Интернет, электронная почта, IP-телефония, интерактивное цифровое телевидение, передача технологической, юридической, финансовой информации, дистанционные медицинские услуги, использование компьютерных сетей передачи данных Ethernet и т.д. Нашей задачей является проведение транспортной сети и предоставление широкого спектра телекоммуникационных услуг – в обязательный пакет абонентских услуг будут входить:

* Телефония
* Интернет
* кабельное телевидение.

В XXI веке потенциал для развития сети — разнообразие потребности абонентов. Что заставляет искать пути увеличения пропускной способности транспортных сетей. Поэтому параллельно с технологией DWDM развивалась технология PON (Passive optical networks). Пассивная оптическая сеть — оптическая сеть доступа, где к одному порту центрального узла может быть подключен целый волоконно-оптический сегмент древовидной архитектуры, охватывающий десятки офисов и жилых домов. В зависимости от конкретных требований сети, PON может быть развернута с помощью архитектур FTTx.

**1.4 Постановка задачи проекта.**

Название технологии **FTTх** происходит от заглавных букв английского выражения Fiber-to-the-build/home, что означает «оптика в каждый дом». Этот термин применяется для любой компьютерной сети, в которой от узла связи до определенного места (точка X) доходит оптоволоконный кабель. При этом образуется более широкая полоса пропускания, что открывает новые возможности предоставления абонентам большего числа мультимедийных услуг.

Для достижения цели необходимо решить следующие задачи:

1. Аналитический обзор технологии FTTx.
2. Построение сети абонентского доступа на основе PON-технологии.
3. Изучение построение PON-сети на базе технологии FTTx.
4. Расчет оборудования и ее комплектации
5. Определение параметров оптического кабеля
6. Определение максимальной длины регенерационного участка
7. Разработка схема организация связь
8. Расчет технико-экономических показателей
9. Разработка вопроса экологии и БЖД

10. Заключение по проекту

**Глава 2. Построение сети абонентского доступа FTTx на основе PON-технологии.**

**2. 1. Типовая структура PON-сети.**

Классическая PON-сеть состоит из: Центрального станционного устройства OLT (Optical Line Terminal), которое служит для агрегации потоков оптических сетей (деревьев); Распределительной оптической сети ODN (Optical Distribution Network), состоящей из: Магистрального оптического фидера (волокна); Сплиттеров, разветвляющих оптический сигнал на ветви оптического дерева; Распределяющих оптических волокон (ветвей) дерева PON-сети; Оконечных отводных абонентских кабелей (Drop-окончаний), которые в зависимости от типа оконечного абонентского устройства и количества каскадов сплиттеров на сети могут быть оптическим волокном, кабелями Ethernet, xDSL, E1; Оконечных абонентских устройств ONU (Optical Network Unit) или ONT (Optical Network Terminal), которые в зависимости от их типа могут устанавливаться в распределительном шкафу, в здании, в помещении абонента и предоставляют конечным абонентам различные порты доступа в зависимости от типа и модели устройства: Ethernet, иногда VDSL – основной вид порта, дополнительно - кабельного телевидения, подключения телефона, Е1;

Системы управления сетью AMS (Access Management System), которая служит для управления и мониторинга оборудованием PON.

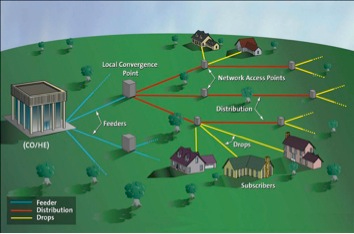


Рис.2.1. Типовая схема PON-сети.

**2.2. Преимущества технологии PON**

Технология PON имеет ряд перечисленных ниже неоспоримых преимуществ перед другими технологиями: Невысокая стоимость построения сети. Технология реализует возможность подключения через одно оптоволокно большого количества абонентских терминалов, что способствует значительной экономии волокон. Низкие расходы на эксплуатацию и техническое обслуживание сети. Преимущество обусловлено использованием пассивного оборудования в распределительной сети. Возможность постепенного наращивания сети. Ввод новых узлов не оказывает влияния на действующую сеть. Перспективность создания распределительной инфраструктуры. Строительство оптической распределительной сети закладывает хорошую и долговременную основу для дальнейшего развития и предоставления в будущем любых мультимедийных услуг с практически неограниченной полосой пропускания. Надежность. Использование меньшего числа активных элементов в сети обеспечивает ее надежность, а кроме того, способствует как снижению чувствительности к влиянию смежных линий связи, так и уменьшению воздействия на них.

Высокая гибкость. Построение распределительной сети по технологии PON требует применения всего лишь одного оптического волокна, а не пучка волокон, как при использовании других оптоволоконных технологий. Благодаря этому можно строить сеть по шинной или древовидной топологии, что весьма выгодно с экономической точки зрения. Гибкость технологии позволяет использовать ее в любых сетевых конфигурациях семейства FTTx.

Возможность оказания услуг Triple Play с предоставлением видео по любой модели: в виде услуг кабельного телевидения (рис.2.2) или в виде услуг IPTV (рис.2.3).

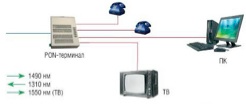


Рис.2.2. Предоставление услуг кабельного видео.



Рис.2.3. Предоставление IPTV.

**2. 3. Технологи передачи информации.**

Для предоставления услуг связи абоненту используется технология WDM (Wavelength Division Multiplexing), когда сигналы к абоненту и от абонента передаются на разных длинах волн (1490нм и 1310нм соответственно). Для некоторых типов ONU/ONT, имеющих отдельный выход для телевизионного видеосигнала, возможно «подмешивание» в оптическое волокно телевизионного видеосигнала кабельного телевидения на отдельной длине волны 1550 нм.

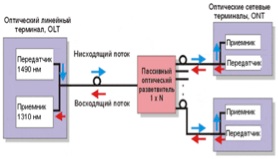


Рис.2.4. Общая структура работы PON-сети.

Для каждого направления передачи (к абоненту и от абонента) используется технология временного разделения каналов для каждой длины волны. Описание этих технологий представлено на рис.2.5 и 2.6.

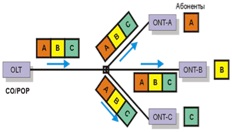


Рис.2.5. Передача информации по направлению к абоненту.

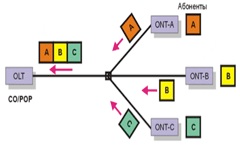


Рис.2.6. Передача информации по направлению от абонента.

В вышеуказанных случаях всем абонентам выделяется равная фиксированная гарантированная полоса пропускания канала связи в каждом направлении. Здесь необходимо отметить, что в настоящее время используются в основном 2 стандарта PON-сетей:

GPON (Gigabit PON), транспортный протокол GFP (generic framing protocol). Нисходящий поток - 1490 нм, 2,4 Гбит/с., восходящий поток - 1310 нм, 1,2 Гбит/с.;

GEPON (Gigabit Ethernet PON), транспортный протокол - Ethernet. Нисходящий поток - 1490 нм, 1,2 Гбит/с., восходящий поток - 1310 нм, 1,2 Гбит/с.

Оборудование стандарта GPON имеет в двое большую полосу пропускания канала связи в направлении к абоненту по сравнению с GEPON и больше приспособлено для передачи TDM-трафика (имеет порты Е1).

Однако бывают случаи, когда: Часть абонентов не осуществляет в текущий момент прием/передачу информации или отключены (не пользуются услугами связи), в результате имеется «простой» полосы канала связи;

Различным абонентам требуется различная полоса пропускания канала связи;

Некоторым абонентам временно требуется повышенная полоса пропускания канала связи.

Для решения подобных вопросов и более эффективного использования полосы пропускания канала связи предусмотрена возможность динамического изменения полосы пропускания. Описание технологий статического и динамического выделения полосы пропускания канала связи представлены на рис.2.7 и 2.8.

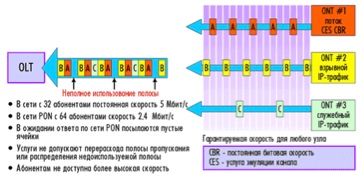


Рис.2.7. Статическое выделение полосы пропускания.

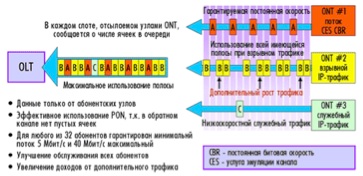


Рис.2.8. Динамическое выделение полосы пропускания.

**Глава 3. Построение PON-сети.**

**3.1. Технологии построения абонентского доступа.**

В зависимости от места размещения оборудования ONU/ONT по отношению к непосредственному жилищу абонента различают различные технологии FTTx построения PON-сетей. Описание технологий FTTx представлено на рис.3.1.

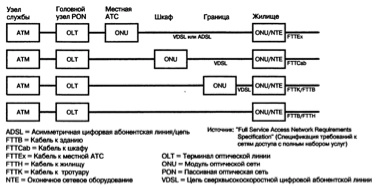


Рис.3.1. Описание технологий FTTx.

Для технологий FTTB, FTTCab, FTTK, FTTH (в случае установки ONU/ONT в подъезде) возможно использование многопортовых ONU/ONT (в настоящее время до 24 портов). При построении PON-сетей необходимо также учитывать различие в параметрах в зависимости от типа используемой технологии передачи информации (GEPON или GPON), представленных в табл.3.1:

Таблица 3. 1.

Сравнение параметров GEPON/GPON.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Параметр** | **Оптический бюджет** | **Полоса в направлении абонентов** | **Полоса в направлении от абоннтов** | **Максимальная дальность до абонента** | **Максимальное количество ONU/ONT** |
| GEPON | 30,5 Дб | 1,2 Гбит/с. | 1,2 Гбит/с. | 20 км | 32 – до 20 км |
| GPON | 28,5 Дб | 2,4 Гбит/с. | 1,2 Гбит/с. | 20 км | 32 – до 20 км, 64 – до 12 км |

**3.2. Сплиттеры и каплеры**

Обычные сплиттеры делят оптический поток, «не вникая» в то, каковы длины волн его составляющих. Существует два основных типа сплиттеров – сплавные и планарные. Сплавные сплиттеры выполнены по технологии FBT (Fused Biconical Taper) - два волокна с удаленными внешними оболочками сплавляют в элемент с двумя входами и двумя выходами (2:2), после чего один вход закрывают безотражательным методом, формируя сплиттер 1:2. Можно обеспечить разделение мощности и в других пропорциях, например 20:80 (20% мощности сигнала идет в одно плечо, 80% – в другое), но в сетях PON, как правило, применяют сплиттеры 50:50. Правда, на практике при делении сигнала всегда возникает некая погрешность, в результате которой в одно плечо уходит чуть больше мощности, скажем 51%. Последовательным соединением сплавных сплиттеров 1:2 можно получить элементы с большими коэффициентами деления, но обычно у выполненных по этой технологии сплиттеров коэффициент деления не превышает 1:8.

Планарные сплиттеры выполнены помощью технологии PLC (Planar Lightwave Circuit), когда на полупроводниковой пластине формируется множество микроделителей 1:2, объединенных в сплиттер с нужным коэффициентом деления. Это позволяет изготавливать компактные и надежные сплиттеры с числом выходных волокон до 32. Планарные сплиттеры способны работать в более широком диапазоне температур (от -45°C до +85°C), чем сплавные (от -40°C до +75°C). Однако стоимость сплиттеров PLC выше стоимости сплиттеров FBT.

Сравнение технологий изготовления сплиттеров представлено на рис.3.2.

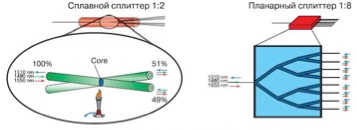


Рис.3.2. Технологии изготовления сплиттеров.

Сплиттер (мультиплексор) WDM – сплиттер с двумя выходами, способный делить оптические потоки с учетом их спектральных составляющих, часто называют каплером. Идея увеличения пропускной способности одного волокна за счет передачи по нему нескольких информационных каналов, каждый – на своей длине волны, активно используется при создании PON-сетей следующего поколения (WDM-PON).

Существует несколько основных технологий изготовления мультиплексоров WDM. Одна из простейших схожа со сплавной технологией FBT, применяемой при производстве обычных сплиттеров. При сплавлении волокон из-за различия диаметров модового пятна могут быть выделены различные длины волн, а каскадирование таких устройств позволяет выделить много длин волн. К преимуществам элементов WDM, изготовленных по технологии FBT, относится невысокая стоимость, низкое затухание и возможность работы в широком частотном диапазоне, к недостаткам – невысокая волновая изоляция.

Другая технология – Thin Film Filters (TFF) основана на изготовлении тонкопленочных фильтров с помощью ионно-лучевого напыления. Такой фильтр состоит из нескольких слоев специальных материалов (каждый со своим индексом отражения), и при прохождении через каждый слой отражается или передается сигнал с определенной длиной волны. Элементы WDM, построенные на основе TFF-фильтров, характеризуются низким уровнем затухания, дисперсии и отраженного сигнала, а также высокой волновой изоляцией.

**3.3 Оптика на подходе к абоненту.**

Насколько архитектуры сетей с глубоким проникновением оптики являются предпочтительными для реализации абонентского доступа? Миллионы абонентов во всем мире уже используют услуги сетей широкополосного доступа с глубоким проникновением оптики (FTTx). В некоторых государствах FTTx является самым быстрорастущим видом широкополосного доступа. А наиболее обширно такие подключения реализованы в Южной Корее, Японии, Нидерландах, Швеции и США.

Существенное влияние на широкое распространение сетей FTTx оказывает растущая популярность услуги IPTV, которая со временем будет обеспечивать телевизионную трансляцию в формате HDTV.

Технологии скоростного доступа - Доступ с применением FTTx ранее использовался преимущественно для осуществления высокоскоростного подключения к интернету. Сегодня под широкополосностью понимается способность доставлять пакеты разнообразных услуг. В качестве примера можно назвать популярный набор, получивший название тройной услуги (triple play) – доступ к интернету, телефония, телевизионное вещание и доставка видео. Причем потребность в видео-сервисах позволяет аналитикам говорить о неизменности тенденции, в соответствии с которой объемы строительства FTTx будут расти на протяжении многих лет.

Эксперты обращают внимание на большое количество домашних хозяйств, потенциально имеющих возможность подключить более одного телевизора к услуге IPTV. Потребление видеоуслуг стремительно персонализируется и его характер все больше соответствует определению "по запросу".

Появились новые виды требовательных к полосе пользовательских услуг, таких, например, как видео-блоги и файловые серверы с фото/видео контентом, которые продолжают набирать популярность. Но такие привлекательные для абонентов видеосервисы вместе с тем оказываются наиболее притязательными к скорости передачи на участке доступа (50-75 Мбит/с). То есть, чтобы сохранить заинтересованность потребителей, необходимо обеспечить высокую пропускную способность каналов.

Недавно были разработаны и ратифицированы два новых ключевых стандарта ITU-T G.984.1 и ITU-T G.993.2, которые определяют очередной этап в эволюции технологии – GPON и VDSL2. Они позволяют производителям выйти на требуемые значения скорости передачи в решениях доступа. Обе технологии находятся в начальной стадии массового внедрения, поскольку крупнейшие операторы уже сегодня рассматривают возможность их освоения. Ведь новаторы всегда получают определенное преимущество перед теми, кто выступает в роли догоняющих.



Рис. 3.3 Диаграмма увеличения числа абонентов.

Сети FTTx строят не только традиционные сервис-провайдеры. Во многих странах коммунальные и муниципальные компании-операторы сетей доступа были первыми, кто начинал развертывать FTTx (иногда опираясь на помощь правительства или городских властей).

Рассмотрим возможности применения двух перспективных технологий, GPON и VDSL2, которые идут на смену BPON и VDSL. На первый взгляд может показаться, что GPON и VDSL2 являются конкурирующими технологиями. Но на самом деле они дополняют друг друга. Чтобы иметь гибкое и полноценное решение доступа, оператору желательно применять обе технологии.

GPON - В технологии Gigabit Passive Optical Networks (GPON) выполнено довольно много технических усовершенствований. Но, как и у ее предшественников – предыдущих реализаций технологий пассивных оптических сетей (PON), основу решения GPON составляет топология "один ко многим".

Такое решение составляют одиночный оптический порт (OLT – Optical Line Terminal), который через пассивные оптические сплиттеры взаимодействует с множеством клиентских терминалов (ONT – Optical Network Terminal). До сплиттера прокладывается общее оптическое волокно. Это очень эффективная схема, по сравнению с топологией "точка-точка", ведь последняя предполагает для каждого ONT наличие своего порта OLT, а соответственно – своего оптоволокна в каждом соединении.

Совместное использование OLT порта и большей части оптических устройств и оптомагистралей заметно уменьшает затраты на оптические кроссы, оптоэлектронику и строительные работы. Типовая инсталляция GPON сегодня обеспечивает работу до 32-х ONT на один OLT порт.

OLT осуществляет широковещательную рассылку информации на все ONT. Пассивный оптический сплиттер располагается между OLT и каскадом из ONT. Разделение входных и выходных потоков абонентского трафика осуществляется с использованием волнового разделения. В направлении от OLT к ассоциированным с ним ONT, которое называют нисходящим, передается сигнал с длиной волны 1490 нм. Для обратного, восходящего направления, длина волны сигнала составляет 1310 нм.

Каждый ONT выбирает из общего потока информацию, адресованную ему, на основе анализа поля "port ID" в заголовке кадра. В восходящем канале используется множественный доступ с временным разделением – TDMA, избавляющий ONT от коллизий в общем канале передачи.

Технология GPON представляет собой существенное усовершенствование предыдущей реализации, BPON. Обеспечивается скорость передачи примерно в четыре раза больше, один OLT обслуживает в два раза больше портов ONT.

Кроме того, посредством GEM (GPON Encapsulation Method) реализуется поддержка кадров Ethernet. А для переноса информации в BPON используются ATM-ячейки. То есть гигабитная технология более приспособлена к требованиям современных IP-Ethernet сетей доступа. Многие операторы, и прежде всего провайдеры первого уровня считают GPON наиболее перспективной технологией оптического доступа. Компании, эксплуатирующие оборудование BPON, планируют мигрировать на GPON для того, чтобы получить возможность массово и качественно предоставлять услуги IPTV своим абонентам.

Гигабитная реализация технологии Ethernet PON (Gigabit EPON, G-EPON) в сравнении с GPON проигрывает в следующем: поддерживается меньшее количество ONT, а OLT функционирует с меньшей скоростью. Все это существенно уменьшает эффективность передачи данных. Кроме того, у Gigabit EPON недостаточно стандартизованы О&М-функции, и сети на основе данной технологии оказываются более сложными и дорогими, а управление услугами в них и обеспечение условий SLA затруднено.

**3.4. Выбор топологии и сети**

Основной выбор делается между топологиями точка-точка и точка-многоточка.

Я выбираю пассивную оптическую сеть (PON) с топологией точка-многоточка, при этом нужно помнить, что только технологии EPON и GPON позволяют передавать кадры Ethernet. Сети BPON могут передавать только пакеты ATM. Сеть EPON проще, и стоимость оборудования для нее снижается более быстрыми темпами. Сеть GPON обеспечивает лучшие характеристики и более универсальна, но она сложнее и требует больших капитальных вложений. Возможность передачи по сети GPON пакетов ATM и фреймов SDH востребовано, однако, лишь небольшим числом индивидуальных абонентов, так как основной тенденцией является развитие сетей Ethernet. С другой стороны, индивидуальные абоненты - это как раз та группа пользователей, для которых наиболее важно получать услуги широкополосного доступа по умеренной цене. Обе технологии являются новыми, и развитие этих систем только началось, поэтому о реальных тенденциях изменения стоимости оборудования EPON и GPON можно будет говорить только по прошествии некоторого времени.

Максимальная скорость передачи в сети EPON по существующему стандарту составляет 1 Гбит/с. Пропускная способность сети EPON может быть увеличена при использовании технологии CWDM. Это значит, например, что в сети EPON, состоящей из 16 абонентских узлов, каждому узлу может быть выделена своя длина волны, на которой он будет передавать и получать данные со скоростью 1 Гбит/с.

## 3.4.1 Ethernet для «последней мили» и сеть EPON

Ethernet для «последней мили» (EFM - Ethernet in the First Mile) – это общее наименование технологий доступа, описанных в стандарте IEEE 802.3ah. Все технологии EFM относятся к Ethernet-технологиям и предназначены для использования в сетях доступа.

Технология Ethernet является основной для локальных сетей. В настоящее время она используется также в глобальных (WAN - wide area networks) и городских сетях (MAN - metropolitan area networks). Использование Ethernet в сетях доступа дает следующие преимущества:

* непрерывный канал связи: LAN - MAN - WAN,
* менее сложная иерархия протоколов в сети доступа,
* использование меньшего количества оборудования, которое к тому же является более простым,
* использование меньшего количества преобразований протоколов, уменьшение задержек и увеличение пропускной способности,
* более низкая стоимость.

Стандарт IEEE 802.3ah определяет три разновидности EFM:

* EFM на основе медных кабелей (EFM copper - EFMC):
  + - 10 Мбит/с по одной паре телефонного кабеля на расстояние до 750 м,
    - 2 Мбит/с по одной паре телефонного кабеля на расстояние до 2700 м;
* EFM на основе волоконно-оптических кабелей (EFM fibre - EFMF):
  + - 100 и 1000 Мбит/с по одномодовому волокну на расстояние до 10 км;
* EFM для пассивных оптических сетей (EFM PON - EFMP):
  + - 1000 Мбит/с по пассивной оптической сети (на основе одномодовых волокон) на расстояние до 20 км.

### 3.4.2 Технология EPON (точка-многоточка, P2MP)

Пассивная оптическая сеть, описанная в стандарте IEEE 802.3ah, называется пассивная оптическая сеть Ethernet (Ethernet Passive Optical Network - EPON). Сеть EPON также как сети BPON и GPON имеет топологию точка-многоточка (point-to-multipoint - P2MP).

Структура сети EPON показана на рис. 3.4 Скорость передачи в сетях EPON составляет 1 Гбит/с. Сеть EPON использует для связи одно волокно. Скорость передачи в обоих направлениях составляет 1000 Мбит/с или 1 Гбит/с. Для передачи сигналов в разных направлениях используются разные длины волн. Как и во всех пассивных оптических сетях PON сетевое оборудование узла доступа сети EPON называют оптическим линейным терминалом (optical line terminal – OLT), а оборудование абонентского узла – оптическим сетевым устройством (optical network unit - ONU).



**Рис. 3.4** Структура сети EPON

Для управления трафиком сети EPON необходим дополнительный протокол канального уровня (2 уровень модели OSI), в качестве которого используется протокол Multipoint MAC Control (MPMC). Протокол MPMC использует для управления трафиком три типа сообщений длиной 64 байта: GATE (строб), REPORT (уведомление) и REGISTER (регистрация). Сообщение GATE передается от оборудования OLT к ONU и содержит информацию о начале и длительности временного интервала, зарезервированного для посылаемых оборудованием ONU кадров. В сообщении GATE используется информация, полученная в сообщении REPORT, которое посылается оборудованием ONU. Сообщение REPORT содержит информацию о количестве байт данных в буфере ONU и предупреждает оборудование OLT, что ONU подключилось к сети. Оборудование OLT также использует протокол MPMC для определения времени распространения и расстояния до каждого ONU. Информация о времени распространения необходима для выделения временных интервалов оборудованиию ONU.

Сильной стороной сети EPON является естественная поддержка всех приложений Ethernet без преобразования протоколов или расщепления кадров с их последующей инкапсуляцией (сравните с сетями BPON и GPON). Поэтому данная технология является очень подходящей для оптических сетей доступа, благодаря ей работа IP-приложений в сети Ethernet становится легкой, гибкой и экономически эффективной. Такими IP-приложениями являются:

* Широкополосный Интернет и связанные с ним приложения и услуги.
* IP-телефония (VoIP).
* IP-телевидение (IPTV) – действительно цифровое телевидение.
* Основанные на протоколе IP услуги видео по требованию (VoD).

Согласно стандарту IEEE 802.3ah сеть EPON предназначена только для цифровой связи, а именно для передачи кадров Ethernet. Однако, поскольку сети EPON являются оптическими, они физически могут использоваться и для других приложений, в том числе для аналоговой передачи видео (например, телевидения). Для этой цели используется диапазон длин волн 1550 - 1560 нм.

**OLT**

ONU 2

ONU 3

ONU 16

Разветвитель

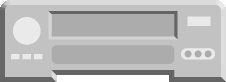
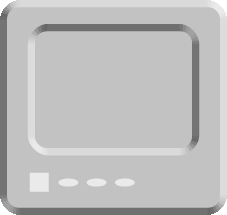
1:16

Ethernet

Кабельное телевидение

Спутниковое телевидение

Видеосервер



ТВ

компью-терная приставка к ТВ

оптоэлектронный преобразователь



ПК

Ethernet

Ethernet

Ethernet

WDM

WDM

1550 - 1560 нм

1490 нм

1310 нм

**Рис. 3.5.** Сеть EPON, предоставляющая услуги аналогового (AM-VSB) или цифрового (DVB-C) телевидения.

**3.5. ВЫБОР ОПТИЧЕСКИХ КАБЕЛЕЙ**

**3.5.1 Классификация оптических кабелей**

Современные проводные системы передачи строятся с использованием практически только оптических кабелей - основа которых оптическое волокно. Оптический кабель (ОК) представляет собой совокупность оптических волокон (ОВ), заключенных в общую влагозащитную оболочку, поверх которой в зависимости от условий эксплуатации могут быть наложены защитные покровы.

**К ОК предъявляются следующие требования:**

1. возможность прокладки в тех же условиях, в каких прокладываются электрические кабели связи;
2. использование при прокладке методов, техники и оборудования, применяемых при прокладке электрических кабелей;
3. возможность сращивания и монтажа в полевых условиях;
4. устойчивость к внешним механическим и климатическим воздействиям в процессе строительства и эксплуатации;
5. эксплуатационная надежность с заданным показателем безотказности, долговечности и ремонтопригодности.

В ОК используется принципиально новая направляющая система электромагнитных сигналов - оптическое волокно.

**Преимущества ОК:**

1. широкополосность и возможность передачи большого потока информации;
2. малое затухание и независимость его от частоты в широком диапазоне частот;
3. высокая помехоустойчивость и защищенность от внешних электромагнитных полей, практическое отсутствие взаимных влияний между отдельным ОВ в кабеле;
4. полная электрическая изоляция между входом и выходом оптической системы связи, что не требует общего заземления передатчика и приемника;
5. отсутствие коротких замыканий между ОВ, что позволяет использовать ОК для пересечения зон, опасных в электрическом отношении;
6. малые масса и габаритные размеры;
7. отсутствие необходимости использовать дефицитные материалов (медь, свинец) для изготовления ОК.

Конструкции ОК в основном определяются назначением и областью их применения. Они различаются видом защитных покровов ОК, характером компоновки ОВ в составе кабельного сердечника, характером и способом упрочнения ОК от продольных и радиационных воздействий.  
В настоящие время выпускается большое типов ВОК в зависимости от назначения, условий прокладки и конструкции составляющих элементов.

По своему назначению ОК подразделяются на:

- междугородные;

- зоновые;

- городские;

- объектовые и монтажные.

Междугородные и зоновые ОК предназначаются для передачи информации на большое расстояние и организации большого числя каналов. Они обладают малым затуханием, дисперсией и большой широкополосностью.

Городские ОК используются в качестве соединений линий между городскими АТС. Они рассчитаны на работу без промежуточных линейных регенераторов, то есть на сравнительно короткое расстояние и относительно небольшое число каналов.

Монтажные ОК предназначаются для монтажа внутри и межблочного монтажа аппаратуры. В зависимости от условий прокладки и эксплуатации ОК разделяются: для внутренней и наружной прокладки; специальные.

Кабели внутренней прокладки используются внутри телефонных станций, офисов, зданий и помещений. По условию прокладки эти кабели подразделяются на: кабели вертикальной и горизонтальной прокладки; шнуры коммуникаций.

Кабели наружной прокладки применяются на любых (сельских, городских, зоновых и магистральных) линиях связи и по условию прокладки их можно разделить на: воздушные, подземные, подводные.

Кабели воздушной подвески подвешиваются на опорах различного типа и в свою очередь подразделяются на:

- самонесущие - с несущим тросом или без него, подвешиваемые на опорах различного типа, в том числе на опорах ЛЭП и контактной сети железных дорог;

- прикрепляемые - крепятся к несущему проводу с помощью специальных зажимов;

- навиваемые - навиваются вокруг несущего провода или грозотроса;

- встраиваемые в грозотрос.

Кабели подземной прокладки подразделяются на:

- прокладываемые в кабельной канализации или туннеля;

- закладываемые в грунт;

- автоматической прокладки в специальных трубах.

Подводные кабели подразделяются на:

- укладываемые на дно несудоходных рек, неглубоких озер и болот;

- укладываемые на дно морей и океанов.

Приведенные выше особенности и требования определяют конструкции и типы оптических кабелей.

**3.5.2 Анализ существующих кабелей**

В настоящее время кабельная промышленность освоила производство оптических кабелей практически любых типов и назначений.

Эти кабели отвечают требованиям международных стандартов, рекомендациям МСЭ (ITU-T) G.651-G.654. Для изготовления ОК применяются как отечественные так и импортные материалы высокого качества.

Оптические волокна поставляются известными фирмами - Lucent Technologies, Corning, Fujikura (Япония), Samsung (Южная Корея), Ericsson.

Оптические кабели в России производят девять отечественных заводов.

1. Армавирский опытный завод (город Армавир);

2. ОАО «Ленсвязь» (город Санкт-Петербург);

3. ЗАО «Москабельмет» (город Москва);

4. АОЗТ «Оптен» (город Санкт-Петербург);

5. ЗАО «Оптика-кабель» (город Москва);

6. ЗАО «Севкабель-Оптик» (город Санкт-Петербург);

7. СП «Эликс-МО» (город Москва);

8. АОНФ «Электропровод» (город Москва);

9. ЗАО «Яуза-кабель» (город Мытищи, Московская область).

Все предприятия оснащены современным технологическим оборудованием, позволяющим производить всю номенклатуру кабелей, необходимых для строительства современных сетей связи различного назначения.

Номенклатура выпускаемых кабелей как по числу ОВ, так и по роду защитных покровов в основном соответствует мировой практике.

Проанализировав состав продукции, выпускаемой вышеназванными производителями, ценовые категории, территориальное расположение, условия и сроки поставки, а также соответствие техническим требованиям, я пришел к выводу, что наиболее оптимально использовать кабельную продукцию ЗАО «Севкабель-Оптик» (г. Санкт-Петербург).

Одним из основных требований, предъявляемых к оптическим кабелям, является их соответствие внутригосударственным и международным стандартам. Оптические кабели производства ЗАО «Севкабель-Оптик» отвечают необходимым требованиям МЭК и сертифицированы.

**3.5.3. Характеристики кабелей**

ЗАО «Севкабель-Оптик» выпускает ОК, предназначенные для использования на линиях передачи магистральных, внутризоновых и местных сетей взаимоувязанной сети связи.

В данном дипломном проекте используется оптический кабель марки ОПС.

**Характеристики кабеля марки СКО-ОПС-008Е04-04-М2** - **Область применения кабеля:** при прокладке в грунтах 1-3 групп ножевым кабелеукладчиком (кроме грунтов, подверженных мерзлотным деформациям) и грунтах всех типов в открытую траншею. В кабельной канализации, трубках, блоках, по мостам и эстакадам. В тоннелях и коллекторах в исполнении, не распространяющем горения. В таблице 3.4 приведены механические характеристики кабеля СКО-ОПС-008Е04-04-М2.

Таблице 3.4

Механические характеристики

|  |  |
| --- | --- |
| Наименование характеристики | Значение |
| Количество оптических волокон в кабеле | 2 – 48 |
| Количество оптических волокон в модуле | 8 – 12 |
| Количество модулей в кабеле | 1 – 4 |
| Количество элементов в повиве сердечника | 4 |
| Номинальный наружный диаметр кабеля, мм | 11,8 – 14,0 |
| Масса кабеля, кг/км | 261 – 340 |
| Минимальный радиус изгиба, мм | 230 – 280 |
| Стойкость к продольному растяжению, кН | 7,0 – 9,0 |
| Стойкость к раздавливающим усилиям, кН/см | 0,5 – 1,0 |
| Стойкость к ударам, Дж | 30 |
| Температурный диапазон при эксплуатации, 0С | -60 … +70 |
| Температурный диапазон при прокладке, 0С | -10 … +50 |

**Дополнительные технические характеристики.**

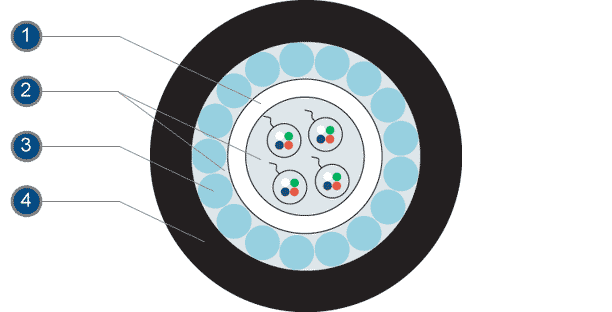
Толщина наружной оболочки кабеля должна быть не менее 2,0 мм. Толщина внутренней оболочки кабеля должна быть не менее 0,6 мм. Номинальный диаметр служебных жил – 1,2 мм. Толщина изоляции служебных жил не менее 0,3 мм.

Кабель марки СКО-ОПС-008Е04-04-М2 должен быть стойким:

* к динамической растягивающей нагрузке, величина которой должна быть не менее чем на 15% больше величины статической нагрузки;
* к 10 перемоткам с барабана на барабан с радиусом шейки, равным 20 номинальным наружным диаметрам кабеля, в нормальных климатических условиях;
* к воздействию осевых кручений на угол на длине 4,0 м. Количество осевых кручений – 10;
* к воздействию вибрационных нагрузок частотой от 10 до 200 Гц при ускорении не менее 40 м/с2;
* к воздействию одиночных ударов с начальной энергией не менее 30 Дж;
* к избыточному гидростатическому давлению 9,8 кПа;
* к воздействию повышенной относительной влажности до 98% при температуре до +350;
* к воздействию пониженного атмосферного давления до (400 мм рт.ст.);
* к воздействию атмосферных осадков, плесневых грибов, росы, инея, соляного тумана, солнечного излучения.

Электрическое сопротивление изоляции цепей «ЦСЭ-жила», «жила-жила», «жила-оболочка», «оболочка-броня» на длине 1 км должна быть не менее 10 000 Мом. Электрическое сопротивление медных жил на длине 1 км должно быть не более 1 Ом при температуре 200С. Внешняя оболочка кабеля должна выдерживать испытание номинальным напряжением, приложенным между металлической броней и водой (землей), 10 кВт амплитудного значения переменного тока частотой 50 Гц или 20 кВ постоянного тока в течении 5 секунд. Кабель без медных жил должен выдерживать воздействие импульсного тока растекания длительностью 60 мкс и величиной 105 кА.

**Указания по монтажу.**  Кабель может прокладываться ручным или механизированным способом при температуре не ниже 100С. При прокладке и монтаже кабеля не должен быть превышены допустимые растягивающие и раздавливающие нагрузки.



**Рис.3.6**. Поперечное сечение оптического кабеля марки СКО-ОПС-008Е04-04-М2

1. ПБТ-ПА трубка со свободно уложенными оптическими волокнами (волокнами в пучках) и гидрофобным гелем;
2. Межмодульный гидрофобный заполнитель;
3. Армирование круглыми стальными оцинкованными провоками;
4. Наружная черная ПЭ оболочка с маркировкой. Для кабелей в негорючем исполнении оболочка из материала, не распространяющего горение.

**Характеристики кабеля марки СКО-ОПТ-002Е04-04-М2**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| opt  **Рис.3. 7.** Поперечное сечение оптического кабеля марки СКО-ОПТ-002Е04-04-М2   1. Одно- или двухслойная полимерная центральная трубка со свободно уложенными оптическими волокнами или пучками волокон и гидрофобным гелем 2. Диэлектрический силовой элемент 3. Наружная оболочка из полиэтилена высокой плотности   **Таблица 3.5. Технические характеристики**   |  |  | | --- | --- | | Количество оптических волокон в кабеле | 2—48 | | Диаметр кабеля, мм | 8—15 | | Масса кабеля, кг/км | 60—100 | | Минимальный радиус изгиба, мм | 120—225 | | Стойкость к продольному растяжению, кН | 1,5—6 | | Стойкость к раздавливающим усилиям, кН/см | 0,4—1,0 | | Стойкость к удару, Дж | 30 | | Температурный диапазон  — эксплуатация, ° С  — прокладка, °С | от минус 60 до плюс 70  от минус 15 до плюс 50 |   **Применение**  Экономичный кабель для сетей доступа, сетей кабельного телевидения, локальных вычислительных сетей, решения задач «последней мили». Монтируется методом подвески на опорах линий электропередач, контактной сети железных дорог, городского электротранспорта, между зданиями и сооружениями или методом прокладки в кабельной канализации (включая метод пневмопрокладки), а также, внутри зданий по стенам, в вертикальных и горизонтальных кабелепроводах и по кабельростам, в тоннелях и коллекторах. |  |

**3.6 ВЫБОР ОБОРУДОВАНИЯ**

**3.6.1. Выбор аппаратуры**

Сегодня, по крайней мере, одиннадцать производителей объявили о наличии у них продуктов PON, в той или иной мере доступных. Среди них – Alcatel, Lucent, Marconi и Fujitsu. Однако наибольшее внимание к себе привлекли две новые компании - UTStarcom и Terawave.

В связи с возросшим интересом к технологии, специалисты компании OlenCom Electronics московского представительства компании-производителя UTStarcom представили последние разработки компании в этой области – концентратор EPON BBS 1000, который поддерживает до 8 интерфейсов, каждый из которых способен передавать трафик со скоростью 1 Гбит/с, распределяющийся между 64 терминальными устройствами. Таким образом, небольшой концентратор в корпусе 1U может обслуживать максимально до 512 абонентов, и, совместно с оптическим терминальным оборудованием UTStarcom серии ONU, является завершенным решением для организации сетей доступа на базе технологии Ethernet с гигабитной пропускной способностью на участке последней мили.

Обеспечение разнообразными сервисами большого числа абонентов, низкая цена на оборудование, а также невысокие затраты, необходимые для развертывания сети на базе технологии EPON, делают BBS 1000 великолепным решением для организации доступа на участке последней мили.

**3.6.2. Описание аппаратуры**

**BBS 1000, концентратор EPON** BBS 1000+ - это компактное  высокопроизводительное устройство, предназначенное для построения оптических сетей доступа на базе технологии EPON. Данный концентратор совместно с оптическим терминальным оборудованием [UTStarcom ONU 100](http://www.olencom.net/index.cfm?id=541) является завершенным решением для организации сетей доступа на базе технологии Ethernet с гигабитной пропускной способностью на участке последней мили.

Это решение может успешно использоваться как для построения кампусных и корпоративных сетей, так и для предоставления услуг индивидуальным абонентам частного сектора.

Объединяя экономические выгоды от технологии EPON с возможностью коммутации второго и третьего уровней, а также функциональностью маршрутизатора, BBS 1000+ является оптимальной транспортной платформой для одновременной передачи голоса, видео, данных и других сервисов, для которых необходима высокая пропускная способность.

BBS 1000+ поддерживает до 8 PON интерфейсов. Каждый PON интерфейс способен передавать трафик со скоростью 1.25 Гбит/с, который может распределяться между 64 терминальными устройствами. Таким образом, небольшой концентратор  в корпусе 1U может обслуживать максимально до 512 абонентов.

Обеспечение разнообразными сервисами большого числа абонентов, низкая цена на оборудование, а также невысокие затраты, необходимые для развертывания сети на базе технологии EPON, делают BBS 1000+ великолепным альтернативным решением для организации доступа на отрезке последней мили.

Встроенные механизмы качества обслуживания (QoS) оборудования BBS 1000+ позволяют операторам связи превышать установленную полосу пропускания, но в то же время выделяя и давая приоритеты трафику, для которого задержки неприемлемы. Данная услуга основана на индивидуализированном соглашени об уровне обслуживания (SLA). Динамическое распределение полосы пропускания позволяет операторам связи тарифицировать переданный трафик отрезками в 1 Мбит/с.

Поддержка протокола IGMP предусматривает управление широковещательными сервисами и гарантирует эффективное использование сетевой инфраструктуры для услуг, связанных с передачей видео.

Удаленная диагностика, гибкое управление и реконфигурация платформы BBS 1000+ возможны благодаря богатому набору встроенных функций технического обслуживания и управления (O&M).

**Преимущества:**

* Cisco-подобный интерфейс управления;
* EPON на базе стандарта IEEE 802.3 ah;
* Древовидная структура, поддерживающая до 64 подключений;
* Дальность передачи до 20 км для 32 подключений и 10 кс для 64 подключений;
* До 512 терминальных устройств обслуживаются одним компактным концентратором;
* Расширенные функции L2/L3 коммутации;
* Динамическое распределение полосы пропускания;
* Индивидуализированная тарификация в зависимости от соглашения об уровне обслуживания;
* Поддержка протокола  IGMP Snooping  для услуг, связанных с передачей широкополосного видео;
* Удаленное управление;
* Расширенные функции безопасности.

**Интерфейсы:**

* Архитектура – 2 слота для заменяемых в режиме горячей замены модулей станционного оборудования;
* Консольный порт - порт DB9/RS-232 Craft интерфейс;
* Управление по LAN – 1 порт RG-45 Fast Ethernet;
* Uplink порт – 4 порта 1000-X SFP Gigabit Ethernet.

**Параметры OLT модуля:**

* Количество портов станционного оборудования – 4 порта на один модуль/8 портов на корзину;
* Соответствие стандартам – IEEE 802.3ah, VCCI, UL и FCC part 15B;
* Оптоволокно – одномодовое;
* Разъём – SC;
* Разделение потока от PON интерфейса – до 32 ответвлений;
* Скорость передачи – симметричные восходящий и нисходящий потоки по 1 Гбит/с;
* Оптический бюджет – 29 дБ;
* Длины волн – передача (Tx): 1490 нм, приём (Rx): 1310нм.

**Функции коммутации второго уровня**

Неблокируемая архитектура коммутации:

* Гибкое определение адресов VCCI, UL & FCC part 15B;
* Layer 2 IGMP snooping;
* VLAN 802.1 p & q;
* IEEE 802.3ad link aggregation;
* Зеркалирование пакетов входного/выходного портов;
* Пакетная буферизация и расширенный контроль потока.

**Функции маршрутизации третьего уровня (опционально)**

Протоколы: TCP/IP, ICMP, ARP, Proxy ARP, OSPF v2, BGP-4, RIPv2, PIM-DM, PIM-SM, IGMPv2.

**Встроенные механизмы качества обслуживания (QoS)**

* До 8 CoS очередей на каждого абонента;
* 802.1q & q;
* IPv4 TOS приоритетность;
* Лимитирование выходной полосы пропускания;
* Динамическое распределение полосы пропускания (DBA).

**Безопасность –** список доступа (ACL).

**Авторизация –** IEEE 802.1x/Radius.

**Система управления**

* FTP, SNMP v1 & v2c, DHCP, Telnet, консольный интерфейс с CLI, Cisco подобный CLT;
* In-Band/Out-of-band управление;
* Автоопределение ONUs;
* Мониторинг среды передачи;
* Полная поддержка FCAPS.

**Физические параметры**

Габариты (мм): 43,6 х 482,6 х 420 (В х Ш х Г)

Вес: 6,3 кг.

**Электропитание**

* Постоянный ток: -48 Вольт
* Переменный ток: 100/220 Вольт.

**Энергопотребление**

* При полной загрузке (2 станционных модуля) – максимум 70 Ватт, в среднем 50 Ватт.

**ONU 100, терминальное устройство EPON .** ONU 100 - это бюджетное терминальное устройство, предназначенное для построения оптических сетей доступа на базе технологии EPON. Данное терминальное оборудование совместно с оптическим концентратором [UTStarcom BBS 1000](http://www.olencom.net/index.cfm?id=537) являются завершенным решением для организации сетей доступа на базе технологии Ethernet с гигабитной пропускной способностью на отрезке последней мили.

Это решение может успешно использоваться как для построения кампусных и корпоративных сетей, так и для предоставления услуг индивидуальным абонентам частного сектора.

Объединяя экономические выгоды от технологии EPON с возможностью коммутации второго и третьего уровней, а также функциональностью маршрутизатора, данное оборудование очень хорошо подходит для единой передачи голоса, видео, данных и других сервисов, для которых необходима высокая пропускная способность.

**Особенности:**

* Полная поддержка стандарта IEEE 802.3ah;
* Высокоскоростной интерфейс PON: симметричный поток 1 Гбит/с для передачи данных, VoIP и видео сервисов;
* Автоматическая установка ("Plug-and-play")  через автоматическое обнаружение и конфигурацию;
* Расширенные механизмы качества обслуживания  (QoS), позволяющие тарифицировать с поддержкой SLA;
* Поддержка контрольного списка доступа (ACL);
* Удаленное управление с помощью расширенных OAM функций.

**Оптические характеристики**

* Оптоволокно **–** одномодовое;
* Разъём – SC;
* Разделение потока от PON интерфейса – до 32 ответвлений;
* Скорость передачи – симметричные восходящий и нисходящий потоки по 1 Гбит/с;
* Оптический бюджет – 27 дБ;
* Длины волн - передача (Tx): 1310 нм, приём (Rx): 1490нм.

**Система управления**

* Telnet, консольный интерфейс с CLI;
* Возможность удалённого обновления программного обеспечения

**Передняя панель:** Светодиоды (LEDs), Электропитание (Power), Сигнализация (Alarm), Состояние LAN интерфейса (LAN Link Status), Состояние Интерфейса PON (PON Link Status).

**Задняя панель:** 1разъём для электропитания, 1 разъём типа SC интерфейса EPON, 1 разъём типа RF-45 интерфейса Fast Ethernet.

**Физические и электрические параметры**

* Габариты (мм): 36 х 220 х 154 (В х Ш х Г)(стенной монтаж)
* Вес: 280г

**Электропитание**

* Напряжение **–** 12 Вольт постоянного тока
* Мощность – максимум 5 Ватт, в среднем 4 Ватта

**Внешние условия**

* Температура – 0-40
* Относительная влажность: 5%-95%.

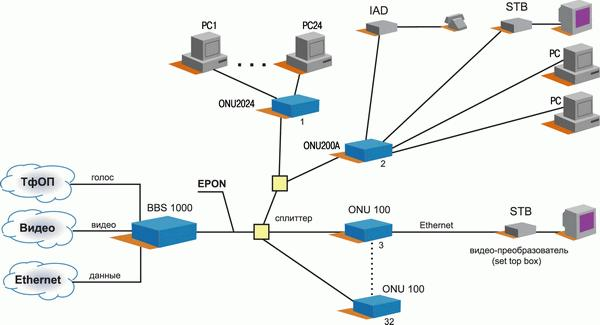
**Сплиттеры.** Разветвители – пассивные оптические компоненты, которые используются для разделения сигнала, поступившего во входное волокно, на два или несколько выходных волокон. Входной сигнал разделяется между выходными волокнами поровну. В обратном направлении разветвитель объединяет два или несколько входных сигналов в одно выходное волокно. Число портов разветвителя принято обозначать отношением 1:N, которое называют коэффициентом разветвления.

Выпускаются разветвители, оконцованные с одной (разветвители с пигтейлами) или с двух сторон. Разветвители с пигтейлами могут монтироваться на направляющих для сростков в соединительной муфте, патч-панели или оптическом распределителе. Разветвители, оконцованные с обеих сторон, предназначены для монтажа в распределительных блоках.

В промежуточных узлах ветвления кабельной инфраструктуры сети PON устанавливаются компактные, полностью пассивные оптические разветвители (сплиттеры), не требующие питания и обслуживания. Сплиттер может разделять мощность в любых пропорциях (вносимое затухание зависит от пропорции деления).

Конструктивно сплиттер выполнен  в конструктиве высотой 1U для размещения в 19" стойке, либо как настольное устройство.

За счет оптимизации размещения сплиттеров может достигаться значительная экономия оптических волокон и снижение стоимости кабельной инфраструктуры.



**Рис.3. 8** Схема применения на базе EPON

Патч-панели или распределительные панели – это устройства для подключения волоконно-оптических кабелей и создания кросс-соединений между их волокнами. Распределительные панели обычно монтируются в 19" шкафу. Патч-панель содержит кабельные вводы, направляющие для волокон и коммутационное поле для подключения оборудования и создания кросс-соединений. Защищенные сростки волокон размещаются и фиксируются в направляющих. Коммутационное поле состоит из адаптеров, к которым внутри панели подключаются коннекторы пигтейлов. Патч-панели часто имеют специальное место для хранения излишних длин соединительных шнуров.

Емкость патч-панели, монтируемой в 19" шкафу, обычно составляет 24 коннектора.

Оптические патч-панели монтируются в шкафы в помещении распределителя. Панели могут располагаться в отдельном шкафу с коммутационным оборудованием или в одном шкафу с активным передающим оборудованием. В больших распределителях, таких как кампусные распределители или оптические распределители сети связи общего пользования, патч-панели должны располагаться в отдельных шкафах. При выборе шкафа необходимо принимать во внимание удобство доступа к волокнам и возможность расширения сети. Шкафы не обязательно должны иметь размер 19”. Во многих случаях хорошим решением является использование шкафа, конструкция которого специально разработана для подключения оптических волокон и создания соединений между ними. В таких шкафах удобство доступа к волокнам и возможность расширения сети уже учтены в конструкции. Эти шкафы отличаются от стандартных 19” шкафов. В них вместо патч-панелей используются специальные коммутационные блоки, в которые устанавливаются адаптеры.

При выборе распределительной коробки, патч-панели или распределительного шкафа необходимо принимать во внимание:

1. простоту конструкции,

2. наличие крепления подключаемых кабелей и заземления (если требуется),

3. удобство обслуживания и внесения изменений в структуру сети,

4. возможность расширения сети,

5. удобство доступа к волокнам и кабелям, когда их число приближается к максимальной емкости распределительного устройства,

6. возможность блокирования доступа (если требуется),

7. совместимость с конкретными коннекторами.

**3.7 Схема организация связь.**

На основе рассмотренных технологий приведём структуру сети связи. Город разбит на районы, каждый из которых обслуживается одним OLT. Районы подключаются к центральной станции по топологии кольцо. Данный способ увеличивает надёжность сети. Район делится на участки. Каждый участок обслуживается одним портом GPON, т.е. на район отводится оптический сплиттер, от которого до каждого дома прокладывается оптический кабель. Для увеличения надёжности, районная сеть построена по топологии точка-точка с резервированием. Для этого используются оптические сплиттеры 2xN.



Рис. 3.9.Структура проектируемый сети связи .

В этом случая на один участок отводится два порта PON (при этом один порт PON - резервный, при пропадании оптического сигнала на одном входе сплиттера, система автоматически переключает порт с основного на резервный). Связь между центральным коммутатором и OLT осуществляется по технологии 10 GEthernet. При увеличении трафика, в будущем, районы разбиваются на более мелкие. При нехватки волокон возможно использование технологии CWDM и в дальнейшем DWDM. Так же предусмотрена возможность подключения абонентов непосредственно волоконно-оптическим кабелем. Центр обработки данных (ЦОД) находится на центральной станции.

**Глава 4. Расчет основных параметров сети .**

### 

**3.1 Расчет основных параметров ОК .**

При расчете параметров ОК учитываем следующие данные: 2а = 50 мкм – диаметр сердечника оптического волокна; 2в = 125 мкм – диаметр отражающей оболочки оптического волокна;  мкм – показатель преломления сердечника; мкм – показатель преломления оболочки; мкм – длина волны;L = 250 км – длина линии; м – строительная длина кабеля;- количество разъемных соединений (на выходе оптического усилителя и входе оптического приёмника); дБ – потери на неразъемных соединениях;  дБ – потери на разъемных соединениях; дБм – уровень оптического сигнала на выходе оптического усилителя; Рпр- чувствительность фотодетектора оптического приёмника; дб/км – коэффициент затухания.

Относительная разность показателей преломления:

Д = , (4.1)

Д = = 0,02,

Числовая апертура. Апертура – это угол между оптической осью и одной из образующих светового конуса, попадающего в торец волоконного световода, при котором выполняется условие полного внутреннего отражения. Учитывая, что в световоде границей раздела сред сердцевина – оболочка являются прозрачные стёкла, возможно, не только отражение оптического луча, но и проникновение его в оболочку. Для предотвращения перехода энергии в оболочку и излучения в окружающее пространство необходимо соблюдать условие полного внутреннего отражения и апертуру.

Известно, что при переходе из среды с большей плотностью в среду с меньшей плотностью, то есть при n1>n2, волна при определённом угле падения полностью отражается и не переходит в другую среду. Угол падения начиная с которого вся энергия отражается от границы раздела сред, при wp=в, называется углом полного внутреннего отражения:

, (4.2)

где m и e - соответственно магнитная и диэлектрическая проницаемости сердечника (m1,e1) и оболочки (m2,e2). При wp> преломлённый луч проходит вдоль границы раздела сердцевина - оболочка и не излучается в окружающее пространство.

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

Режим полного внутреннего отражения предопределяет условие подачи света на входной торец волоконного световода. Световод пропускает лишь свет, заключённый в пределах телесного угла а, величина которого обусловлена углом полного внутреннего отражения в. Этот телесный угол а характеризуется числовой апертурой:

NA=sin а (4.3)

NA=sin а=(n12 - n22)1/2= (1.53 ^2 – 1.5^2 ) = 0.3

Между углами полного внутреннего отражения в и апертурным углом падения луча а имеется взаимосвязь. Чем больше угол в , тем меньше апертура волокна а . Следует стремится к тому, чтобы угол падения луча на границу сердечник - оболочка wp был больше угла полного внутреннего отражения в и находился в пределах от в до 90 градусов, а угол ввода луча в торец световода w укладывался и апертурный угол а (w<а). В действующих технических условиях NA=0,3 [ ].

Нормированная частота. Важнейшим обобщённым параметром волоконного световода, используемым для оценки его свойств, является нормированная частота V.Она получается суммированием аргументов цилиндрических функций для сердцевины (g1 a) и оболочки (g2 a):

V =  (4.4)

V = кГц

где a - радиус сердцевины оболочки; n1 - показатель преломления сердцевины; n2 - то же, оболочки.

Число волн (мод). Число волн (мод) определяется с учетом конструкции волокна. Существующие конструкции ВС (волоконные световоды) с диаметром сердцевины 50 мкм являются многомодовыми системами, и по ним распространяется большое число волн. В общем виде число мод в ВС определяется по формуле:

N=V2(1+2/n)/2 (4.5)

где n - показатель степени изменения профиля показателя преломления, тогда для ступенчатого ВС n равно бесконечности:

N= 7.25^2/2 = 26,3

Волновое сопротивление. Волновое сопротивление волоконного световода может быть определено на основании формул для электрического и магнитного полей:

 или  (4.6)

Однако для упрощения расчета воспользуемся предельными значениями волнового сопротивления для плоской волны:

 (4.7)

где - волновое сопротивление идеальной среды.

В реальных условиях волновое сопротивление оптического кабеля имеет промежуточное значение:

 (4.8)





Таким образом волновое сопротивление оптического кабеля:



Критическая длина волны и частоты. При определении критической длины волны и частоты учитывается следующее: световоды, как и волноводы, имеют частоту отсечки (критическую частоту f0), и по ним возможна передача лишь волн длиной меньше диаметра сердцевины световода ( <d ).

Суммируя значения поперечных составляющих g сердцевины и оболочки, получаем:

g12+g22=k12 - k22=k0(n12 - n22), (4.9)

где k0=2 pi/=2 pi f/c; g12=k12 -b2 -поперечная составляющая волнового числа сердцевины; k1=2 pi/ - волновое число сердцевины; b - коэффициент распространения в световоде.

Для определения критической частоты f0 надо принять g2=0, т.к. при значениях g2>0 поле концентрируется в сердцевине световода, а при g2=0 оно выходит из сердцевины и процесс распространения по световоду прекращается, тогда:

g12=k0(n12 - n22), (4.10)

f0= pi(n12 - n22)1/2 , (4.11)

Умножив числитель и знаменатель на радиус сердцевины r1 (4.11), получим:

f 0=g1 c r1/pi d(n12 - n22)1/2 , (4.12)

где d - диаметр сердцевины волокна, тогда:

f 0=2.405 \* 3 10^5\*5/ (3.14 \*10\*0.3 ) = 3.8\*10^5 Гц

Критическая длина волн определяется:

0=v1/f0=(n12 -n22)1/2 , (4.13)

где v1=Pnm - параметр, характеризующий тип волны (моду) и значения Pnm для различных типов волн 0 можно найти в специализированной литературе по ОК .

Из формулы (4.13) видно, что чем толще сердцевина световода и чем больше отличаются n1 и n2 , тем больше критическая длина волны и ниже критическая частота световода f0 , тогда:

0=3.14\*10\*10^-6\*0.3/ ( 2.405\*1.53\*5 ) = 2..5,6 , мкм

### 4.1. Затухание сигнала

Под затуханием сигнала понимают уменьшение его оптической мощности при распространении по оптическому волокну. Затухание измеряется в дБ/км. На затухание света в волокне в основном влияют такие факторы как потери на поглощение и потери на рассеивание. Поглощение в оптическом волокне может быть собственным и примесным. Собственное поглощение обусловлено поглощением кварца в инфракрасной (ИК) и ультрафиолетовой (УФ) областях спектра, а примесное - наличием примесей в волокне. Среди примесей, вызывающих наибольшее затухание, выделяют ионы OH (гидроксильные группы). Из-за малых (микроскопических) изменений плотности и, следовательно, изменений показателя преломления материала волокна свет, распространяющийся в определенном направлении, может распределяться (рассеиваться) в разных направлениях, в том числе и в обратном. Это приводит к появлению рассеянного излучения и, следовательно, к потерям. Даже при отсутствии затухания за счет поглощения в волокне всегда будет присутствовать затухание, обусловленное рэлеевским рассеянием, которое составляет приблизительно 0,16 дБ/км на длине волны 1550 нм. Зависимость затухания от длины волны для плавленого кварца приведена на рис. 4.1.

1,0

1,2

1,4

1,6

1,8

Длина волны, мкм

0,8

1,0

2,0

3,0

Коэффициент затухания, дБ/км

850 нм

1310 нм

1550 нм

Водяной пик

0,0

**Рис. 4.1.** Зависимость коэффициента затухания кварцевого волокна от длины волны и используемые окна прозрачности.

Как видно из рис. 4.1, величина затухания минимальна в диапазоне длин волн 800...1700 нм. Поглощение в УФ области на более коротких длинах волн и в ИК на более длинных резко увеличивают затухание.

В системах связи используются три диапазона длин волн или так называемые окна прозрачности:

* Окно прозрачности 850 нм
* Окно прозрачности 1300/1310 нм
* Окно прозрачности 1550 нм

Рабочие окна для многомодовых волокон 850 и 1300 нм, для одномодовых – 1310 и 1550 нм. Одномодовые волокна с низким водяным пиком (ITU-T G.652.D) могут использоваться также при работе на длинах волн в интервале между 1310 и 1550 нм, одномодовые волокна с ненулевой смещенной дисперсией (ITU-T G.656) - на длинах волн L-диапазона (свыше 1550 нм). L-диапазон также показан на рис. 9. Области длин волн, на которых могут использоваться одномодовые волокна, поделены еще более плотно на следующие диапазоны:

O-диапазон: 1260 …1360 нм

E- диапазон: 1360 …1460 нм

S- диапазон : 1460 …1530 нм

C- диапазон: 1530 …1565 нм

L- диапазон: 1565 …1625 нм

(U- диапазон: 1625 …1675 нм)

Пик затухания, обусловленный наличием гидроксильных групп, находится между окнами 1310 нм и 1550 нм и называется водяным пиком. У одномодового волокна с низким водяным пиком (LWP) значение затухания на пике так мало, что это волокно может использоваться даже на длинах волн, соответствующих водяному пику. В соответствии с рекомендациями ITU-T G.652.D значение затухания на длине волны 1383 нм такое же или даже ниже, чем нормированное значение для длины волны 1310 нм.

Кривая затухания для одномодового волокна с низким водяным пиком представлена на рис. 10, где также показаны O, E, S, C и L - диапазоны.

0,0

0,1

0,2

0,3

0,4

0,5

0,6

0,7

1300

1400

1500

1600

Водяной пик, характерный

для плавленого кварца

Водяной пик

отсутствует

Длина волны, нм

Коэффициент затухания, дБ/км

O-окно

E-окно

S-окно

C-окно

L-окно

**Рис. 4.2 .** Зависимость коэффициента затухания одномодового волокна с низким водяным пиком (ITU-T G.652.D) от длины волны.

Дополнительное затухание может быть вызвано макроизгибами (с радиусом изгиба >> 1 мм) и микроизгибами (с радиусом изгиба < 1 мм), а также радиоактивным излучением. Эти факторы, приводящие к дополнительному ослаблению сигнала, должны быть минимизированы или полностью исключены при разработке конструкции кабеля и при последующей его прокладке и монтаже.

## 4.1.1. Расчеты затухания

Выбор системы передачи определяет максимально допустимое затухание между передатчиком и приемником. Так называемый бюджет затухания представляет собой сумму всех потерь, которые возникают на участке оптической сети доступа между передатчиком и приемником. Рассмотрим следующие источники потерь:

* Полное затухание в оптическом волокне. Оно зависит от коэффициента затухания волокна (дБ/км) на определенной длине волны и от его полной длины (км)
* Полные потери в сростках. Они зависят от потерь в каждом сростке (дБ) и от их общего количества.
* Полные потери в соединителях. Они зависят от потерь в каждом соединителе (дБ) и от их общего количества.
* Потери в разветвителях волокон (например, в пассивных оптических сетях (PON) или в сетях кабельного телевидения). Эти потери зависят от коэффициента разветвления и возрастают примерно на 3,5 дБ каждый раз, когда сигнал делится пополам.

Из всего вышесказанного следует, что максимально допустимые потери или бюджет затухания не могут превышать некоторой величины. Следовательно, и длина линии, и коэффициент разветвления также ограничиваются бюджетом затухания. Следует заметить, что в пассивной оптической сети потери разветвления часто имеют значительную величину и могут превышать половину бюджета затухания.

Другой фактор, ограничивающий длину оптической линии связи и максимальную скорость передачи - это дисперсия. Однако при расчете допустимого расстояния для системы передачи в оптической сети доступа обычно учитывают только бюджет затухания, т.к. именно затухание, а не дисперсия является главным ограничивающим фактором.

Необходимо проводить расчеты полного затухания для каждого отдельного волокна (линии) и сравнивать результаты с максимально допустимым затуханием. Эти расчеты проводятся на стадии проектирования оптической сети доступа.

**4.1.2 Расчёт затухания для максимально отдалённого объекта**

**Таблица 4.1.**

Расчёт затухания

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Расчёты затухания  Тип волокна: G.652 ITU-T D | | Единица измерения | Длина волны, нм | |
| 1310 | 1550 |
| 1 | Коэффициент затухания волокна | дБ/км | 0,40 | 0,25 |
| 2 | Хроматическая дисперсия | пс/нм км | 3,50 | 18,0 |
| 3 | Длина линии | км | 5,5 | 5,5 |
| 4 | Вносимое волокном затухание | дБ | 2,20 | 1,4 |
| 5 | Средние потери в сростке | дБ | 0,05 | 0,05 |
| 6 | Количество сростков | шт. | 4 | 4 |
| 7 | Суммарные потери в сростках | дБ | 0,20 | 0,20 |
| 8 | Потери в сростках при ремонте | дБ | 1,0 | 1,0 |
| 9 | Эксплуатационный запас | дБ | 3,0 | 3,0 |
| 10 | Средние потери в соединителях | дБ | 0,30 | 0,30 |
| 11 | Количество соединителей | шт. | 4 | 4 |
| 12 | Суммарные потери в соединителях | дБ | 1,20 | 1,20 |
| 13 | Потери разветвления 1: 32 | дБ | 17,5 | 17,5 |
| 14 | Общие потери в линии связи | дБ | 25,1 | 24,3 |
| 15 | Допустимые потери | дБ | 26,0 | 24,5 |
| 16 | Остаточный запас по затуханию | дБ | 0,9 | 0,2 |

Затухание, вносимое волокном (Звв) – это произведение коэффициента затухания волокна (Кзв) на длину линии (L):

*Звв = Кзв \* L, (дБ)* (4.18)

Суммарные потери в сростках/соединителях (Ssr/Ss) – это произведение количества сростков/соединителей (Nsr/Ns) на средние потери в сростках/соединителях (Psr/Ps):

*Ssr = Nsr \* Psr, (дБ)* (4.19)

**Глава 6. Безопасности жизнедеятельность**

**6.1Мероприятия по технике безопасности**

Помещения, где стоит аппаратура BBS 1000 и ONU 100, относится к помещениям с повышенной опасностью по степени поражения электрическим током 1 категории. В целях повышения электробезопасности при обслуживании аппаратуры необходимо:

* перед стойками стелить диэлектрические коврики;
* в точках подключения цепей питания устанавливать дужку с изолирующими покрытиями;
* в соответствии с ГОСТ 464-79 каркасы и чехлы ЭПУ, которые при пробое изоляции могут оказаться под напряжением, должны оборудоваться защитным заземляющим устройством.

Подготовка и ввод в действие санитарно-бытовых помещений должна быть окончена до начала основных строительно-монтажных работ (СМР) на объекте. На каждом объекте строительства должны быть выделены помещения или места размещения аптечек с медикаментами, фиксирующих или других средств для оказания первой медицинской помощи пострадавшим. Все работающие на строительстве должны быть обеспечены питьевой водой, качество которой соответствует санитарным нормам. Лица, занятые на СМР, должны быть обучены безопасным способам прекращения действия электрического тока на человека.

Монтажные и ремонтные работы на электроустановках и ЛЭП должны проводиться при осуществлении мероприятий по обеспечению безопасности выполнения работ. Необходимо вывешивать плакаты:

«Не включать – работа на линии»

«Не включать – работают люди».

При выполнении работ в условиях повышенной опасности все работники должны обеспечиваться кроме спецодежды диэлектрическими резиновыми перчатками, ковриками. Для защиты головы от механических травм и поражений электрическим током должны выдаваться защитные каски из токонепроводящих материалов. Все средства защиты должны быть испытаны согласно «Правил применения и испытания средств защиты, используемых в электроустановках, механических требований к ним».

Перед началом работы необходимо тщательно осмотреть основные элементы кабелеукладочного агрегата и убедиться в их исправности. При обнаружении неисправности – работать запрещается.

Монтаж ВОК должен проводиться в передвижной монтажно-измерительной лаборатории (ПМИЛ), размещенной в закрытом салоне автомобиля.

При наличии экрана дисплея в устройстве для сварки ВОК, освещенность должна быть не более 50 лк.

Уровень шума на рабочем месте должен соответствовать требованиям ГОСТ 12.1.003.

При разделке ВОК для его отходов должен быть специальный ящик. Нельзя допускать, чтобы отходы ОВ попадали на пол, монтажный стол и спецодежду, что может привести к ранению не защищенных участков кожи.

Переносные комплекты для сварки ОВ независимо от их типов, модификаций должны эксплуатироваться в соответствии с технической документацией.

Переносное устройство для сварки ОВ должно быть заземлено в соответствии с требованиями ГОСТ 12.2.007.0.

В установке должна быть предусмотрена индикация напряжения питания и индикация подачи высокого напряжения. Устройство должно быть снабжено блокировкой подачи высокого напряжения на электроды при открытой крышке узла во время установки ОВ.

**6.2 Мероприятия по пожарной безопасности**

Правила пожарной безопасности на объектах связи разработаны Министерством связи и согласованы с Главным управлением пожарной безопасности. Ответственным за соблюдение правил пожарной безопасности на предприятиях связи является руководитель, а в цехах, подразделениях и службах – их руководители, назначенные приказом по предприятию.

Причины пожаров могут быть электрического и неэлектрического происхождения. К причинам электрического характера относятся: искрение в электрических машинах, аппаратах; электрические разряды и удары молний; токи короткого замыкания и значительные перегрузки проводов и обмоток электрических устройств, вызывающие их нагрев до высокой температуры; плохие контакты в щитах соединения проводов, приводящие к увеличению переходного сопротивления, на котором выделяется большое количество тепла, электрическая дуга, возникающая во время сварки в результате ошибочных операций с коммутационной аппаратурой; выделение кислорода и водорода при зарядке аккумуляторных батарей.

Причиной пожаров и взрывов не электрического характера может быть следующее: неправильное обращение с аппаратурой газовой сварки, паяльными лампами, а также неправильное разогревание кабельных масс и пропиточных составов, нарушение технологических процессов, в результате которого возможно выделение горючих газов, паров, пыли в окружающую среду; курение в пожаро- и взрывоопасных помещениях; самовоспламенение некоторых материалов.

При строительстве и эксплуатации линий связи необходимо обеспечить устройство надежно работающей пожарной сигнализации, оборудовать противопожарное водоснабжение и подготовить технические средства пожаротушения (огнетушители, пожарные машины), наружные пожарные лестницы.

Для предупреждения пожаров, связанных с потреблением электрической энергии требуется:

* периодически проводить проверку и систематически контролировать выполнение правил технической эксплуатации электроустановок;
* помещение, где находится аппаратура, обеспечить противопожарным инвентарём;
* для ликвидации возгорания в помещении, где находится аппаратура необходимо применять углекислотные огнетушители марок ОУ-2, ОУ-5, ОУ-8.

Углекислотные огнетушителями можно пользоваться в помещении, так как они предназначены для тушения аппаратуры и электрических установок, находящихся под напряжением. Огнетушители типа ОУ-2, ОУ-5, ОУ-8 предназначены для тушения небольших очагов пожаров. Газ в этих огнетушителях, охлаждаясь (до t –700С), превращается в туманообразную снежную массу, которая направляется на очаг пожара. Кроме ручных огнетушителей, применяются огнетушители, перевозимые на тележках УП-1М и УП-2М, имеющие соответственно один и два баллона емкостью 40 л. Эти огнетушители подобно ручным снабжены раструбом – снегообразователем и приводятся в действие открыванием вентилей.

Применение воды для тушения аппаратуры и электромеханических установок , находящихся под напряжением запрещается.

**6.3 Расчет искусственного освещения**

Расчет искусственного освещения выполняют при проектировании осветительных установок для определения общей установленной мощности и мощности каждой лампы или числа всех светильников.

Основной метод расчета производится по коэффициенту использования светового потока, которым определяется поток, необходимый для создания заданной освещенности горизонтальной поверхности при общем равномерном освещении с учетом света, отраженного стенами и потолком. Расчет светового потока выполняют по формуле



где Ф – световой поток лампы, лм;

Ен – нормированная освещенность, лк;

Кз – коэффициент запаса, учитывающий запыление светильников и износ источников света в процессе эксплуатации;

S – площадь помещения, м;

Z – поправочный коэффициент, учитывающий неравномерность освещения;

N – количество светильников;

n – количество ламп в светильнике;

v – коэффициент затенения рабочего места;

 – коэффициент использования светового потока, определяется в зависимости от типа светильника (ПВЛ), коэффициентов отражения стен и потолка помещения (0,7; 0,5) и индекса помещения i, определяемого по формуле



где А и В – длинна и ширина помещения, м;

hо – высота подвеса светильников над рабочей поверхностью, м.

Данные для расчета светового потока ламп

Таблица

|  |  |
| --- | --- |
| Помещение | Комната связи |
| Размеры помещения АхВ, м | 5x4 |
| Высота подвеса светильников h, м | 3 |
| Фон | средний |
| Контраст | малый |
| Источник света | ЛДЦ |
| Мощность ламп | 40 |
| Тип светильников | ОВЛ |
| Коэффициент отражений | 0,5 |
| Коэффициент запаса, Кз | 1,3–1,8 |
| Поправочный коэффициент Z | 1,1–1,2 |
| Коэффициент затенения v | 0,8 |
| Количество ламп в светильнике n | 2 |
| Длина светильника, мм | 1280 |
| Нормативная освещенность Ен, лк | 200 |

Определим коэффициент использования светового потока.



Данные для расчета светового потока ламп приведены в таблице 11.1.

Из таблицы литературы [19] определяем, что ηu = 0,35.

В расчете следует определить необходимое количество светильников для обеспечения нормируемого значения ЕН. В этом случае формула примет вид



При нахождении количества светильников и типу источников света (ЛДЦ) определяется световой поток лампы Φ = 3000 лм.



Ориентировочно устанавливается количество светильников по рекомендуемым расстояниям между светильниками и строительными конструкциями. Светильники устанавливаются вдоль длинной стороны помещения.

Расстояния между рядами светильников , м, определяется из соотношения

,

где  - наивыгодное соотношение L и h, α = 1,3;



Расстояние между стенами и крайними рядами светильников d, м, ориентировочно принимается равным

,



Таким образом, в связевой размещено два ряда по два светильников, каждый светильник содержит две лампы. Рисунок 11.1



Рисунок Схема размещения световых проемов и светильников в комнате связи.

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В дипломном проекте рассмотрены вопросы проектирования телекоммуникационной сети доступа на базе технологии FTTx. При строительстве трассы использовался кабель марки СКО-ОПС-008Е04-04-М2 и СКО-ОПТ-002Е04-04-М2 производства ЗАО «Севкабель - Оптик» с применением концентратора BBS 1000 и терминального устройства ONU 100, обеспечивающих скорость передачи 625 Мбит/с. Выбор трассы прокладки кабеля произведен с учетом норм и требований при строительстве линейных сооружений кабельных линий передачи сетей общего пользования и является наиболее оптимальным.

В дипломном проекте разработаны мероприятия по охране труда и технике безопасности при строительстве линейных сооружений связи. Также приведен расчет основных технико-экономических показателей строительства волоконно-оптической линии связи, в результате которого определен срок окупаемости объекта строительства, его эффективность и целесообразность.

Вопросы, рассмотренные в рамках данного проекта, и их реализация на практике позволят обеспечить широкий диапазон услуг пользователям в данном регионе, улучшить качество связи и обеспечить перспективу телекоммуникационного развития.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Основыпостроения телекоммуникационных систем и сетей: учебник для вузов / В.В. Крухмалёв, Н.В. Гордиенко, А.Д. Моченов и др.; под. ред. В.Н. Гордиенко и В.В. Крухмалёва. - М.: Горячая линия - Телеком, 2004. - 510 с.: ил.
2. Карташевский В.Г. Сети подвижной связи / В.Г. Карташевский, С.Н. Семенов, Т.В. Фирстова. - М.: Эко-Трендз, 2001.
3. Системы мобильной связи: учебное пособие для вузов / В.П. Ипатов, В.К. Орлов, И.М. Самойлов, В.Н. Смирнов; под ред.В.П. Ипатова. - М.: Горячая линия - Телеком, 2003. - 272 с., ил.

5. Баклашов, И.Н. Охрана труда на предприятиях связи и охрана окружающей среды [Текст] / И.Н. Баклашов. - М.: Радио и связь, 1989. 288 с.

6. Белов, С.В. Охрана окружающей среды. С.В. Белов. - М.: Высшая школа, 1983. 264 с.