**Аннотация**

Темой дипломного проекта является проектирование телекоммуникационной сети доступа на базе технологии Ethernet.

Ключевые слова: телекоммуникационная сеть доступа, волоконно-оптический кабель, пассивная сеть, оптическое волокно, технология Ethernet 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.

На сегодняшний день сети Ethernet получили самое широкое распространение для предоставления различных услуг связи. Подсчитано, что 95% эксплуатируемых локальных сетей в мире с общим количеством портов более 320 млн. используют технологию Ethernet.

Технология Ethernet стала предпочтительной как с точки зрения скорости передачи информации, так и с точки зрения динамики развития и принятия стандартов. Сети Ethernet обладают низкими ценами, просты в обслуживании и управлении, имеют высокую пропускную способность, поэтому подавляющее большинство операторов принимают решение строить свои IP-сети, используя технологию Ethernet.

Если сеть оператора должна быть территориально распределенной и на всей территории иметь высокую пропускную способность, то в настоящее время для среды передачи информации нет лучшей альтернативы, чем оптоволоконные кабели.

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

**2. ВЫБОР ТОПОЛОГИИ И СЕТИ ДОСТУПА**

Требования к услугам.

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.

## 2.1 Пассивные оптические сети

Оптические сети можно разделить на два класса – **активные** и **пассивные**. Между узлом доступа и оконечным пользовательским оборудованием активной сети имеется какое-либо активное оборудование (например, регенератор или коммутатор). В пассивной сети активное оборудование отсутствует, то есть сеть состоит только из пассивных компонентов. Обычно используются следующие виды пассивных компонентов (не считая оптического волокна): волоконно-оптические соединители, разветвители и мультиплексоры WDM.

Обычно вместо полного названия «пассивная оптическая сеть» используется аббревиатура PON (Passive Optical Network). Общая структура сети PON представлена на рис.1. Активное оборудование в центральном офисе или на узле доступа называется оптическим линейным терминалом (Optical Line Terminal - OLT), а оборудование на абонентском узле – оптическим сетевым устройством (Optical Network Unit - ONU). Некоторые из услуг связи, обычно предоставляемых сетями PON.

**OLT**

ONU 1

ONU 2

ONU 3

ONU N

Разветвитель

пакетная радиосвязь общего пользования1:N

Интернет

Телефон

ТВ

Интернет

Телефон

ТВ

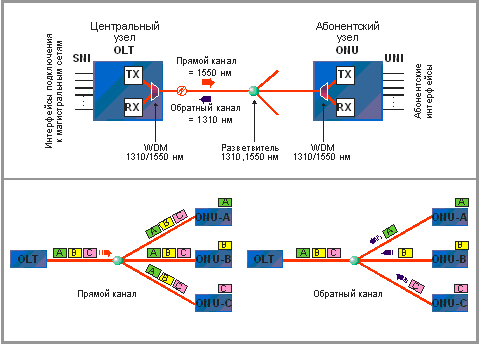
Нисходящий поток

Восходящий поток

**Рис. 1.** Общая структура сети PON.

**2.2Принцип действия PON**

Основная идея архитектуры PON — использование всего одного приемо-передающего модуля в OLT для передачи информации множеству абонентских устройств ONU и приема информации от них. Число абонентских узлов, подключенных к одному приемо-передающему модулю OLT, может быть настолько большим, насколько позволяет бюджет мощности и максимальная скорость приемопередающей аппаратуры. Для передачи потока информации от OLT к ONU — **прямого (восходящего) потока**, как правило, используется длина волны 1550 нм. Наоборот, потоки данных от разных абонентских узлов в центральный узел, совместно образующие **обратный (нисходящий) поток**, передаются на длине волны 1310 нм. В OLT и  ONU встроены мультиплексоры WDM, разделяющие исходящие и входящие потоки.



**Рис 2.** Основные элементы архитектуры PON и принцип действия

В направлении **нисходящего потока** все, передаваемые оборудованием OLT кадры Ethernet, принимаются каждым ONU в сети. Оборудование ONU распознает кадры, адресованные пользователям, которых оно обслуживает, и направляет их соответствующему оконечному оборудованию (или локальной сети). Кадры Ethernet, передаваемые в сети EPON, аналогичны стандартным кадрам Gigabit Ethernet за исключением первых 8 байт, которые специфичны для сети EPON.

В направлении **восходящего потока** оборудование ONU может передавать кадры только в течение выделенного ему интервала времени (time slot). Такое управление трафиком используется во всех пассивных оптических сетях из-за топологии точка-многоточка.

Тип сети PON обозначается дополнительной буквой перед аббревиатурой PON. Наиболее распространенными сетями PON являются:

* APON (ATM PON - пассивная оптическая сеть, использующая технологию ATM),
* BPON (Broadband PON – широкополосная пассивная оптическая сеть),
* GPON (Gigabit-capable PON - пассивная оптическая сеть, обеспечивающая гигабитные скорости передачи данных),
* EPON (Ethernet PON - пассивная оптическая сеть, использующая технологию Ethernet).

## 2.3. Сравнение возможных топологий сети http://pics.rbc.ru/img/cnews/2005/02/14/topology1.gif

**Рис. 3.** Топологии оптических сетей доступа

Здесь можно выделить четыре топологии оптических сетей доступа: точка-точка, кольцо, дерево с активными узлами, дерево с пассивными оптическими элементами.

**2.3.1Точка-точка (P2P).**

Наиболее простая архитектура. Основной минус связан с низкой эффективностью кабельных систем. Необходимо вести отдельный ВОК из центрального офиса в каждое здание или каждому корпоративному абоненту. Данный подход может быть реализуем в том случае, когда абонентский узел (здание, офис, предприятие), к которому прокладывается выделенная кабельная линия, может использовать эти линии рентабельно.

Топология P2P не накладывает ограничения на используемую сетевую технологию. P2P может быть реализована как для любого сетевого стандарта, так и для нестандартных (proprietary) решений, например оптические модемы. С точки зрения безопасности и защиты передаваемой информации при соединении P2P обеспечивается максимальная защищенность абонентских узлов. Поскольку ОК нужно прокладывать индивидуально до каждого абонента, этот подход является наиболее дорогим и привлекателен в основном для абонентов в лице крупных корпоративных клиентов.

**2.3.2 Кольцо.**

Кольцевая топология на основе SDH положительно зарекомендовала себя в городских телекоммуникационных сетях. Однако в сетях доступа не все обстоит так же хорошо. Если при построении городской магистрали расположение узлов планируется на этапе проектирования, то в сетях доступа нельзя заранее знать где когда и сколько абонентских узлов будет установлено. При случайном территориальном и временном подключении пользователей кольцевая топология может превратиться в сильно изломанное кольцо с множеством ответвлений. Подключение новых абонентов осуществляется путем разрыва кольца и вставки дополнительных сегментов. На практике часто такие петли совмещаются в одном кабеле, что приводит к появлению колец, похожих больше на ломаную. Так называемые «сжатые» кольца (collapsed rings) значительно снижают надежность сети. А фактически главное преимущество кольцевой топологии сводится к минимуму.

**2.3.3 Дерево с активными узлами.**

Дерево с активными узлами — это экономичное с точки зрения использования волокна решение. Оно хорошо вписывается в рамки стандарта Ethernet с иерархией по скоростям от центрального узла к абонентам 1000/100/10 Мбит/с (1000Base-LX, 100Base-FX, 10Base-FL). Стандарт IEEE 802.3 Ethernet давно перестали ограничивать нишей корпоративных сетей. Строящиеся по этому принципу сети могут иметь достаточно сложную и разветвленную древовидную архитектуру. Однако в каждом узле дерева обязательно должно находиться активное устройство (применительно к IP-сетям коммутатор или маршрутизатор). Оптические сети доступа Ethernet, преимущественно использующие данную топологию, относительно недороги. К основному недостатку следует отнести наличие на промежуточных узлах активных устройств, требующих индивидуального питания.

**2.3.4 Дерево с пассивным оптическим элементами PON-P2MP.**

Частным случаем, когда в качестве пассивного оптического элемента выступает оптический разветвитель, является сеть PON, использующая топологию «точка-многоточка» P2MP (point-to-multipoint). К одному порту центрального узла может быть подключен целый волоконно-оптический сегмент древовидной архитектуры, охватывающий десятки абонентов. При этом оптические разветвители, устанавливаемые в промежуточных узлах дерева, полностью пассивны и  не требуют питания и специализированного обслуживания.

В топологии P2MP за счет оптимизации размещения разветвителей можно достичь значительной экономии оптических волокон и снижения стоимости кабельной инфраструктуры. Абонентские узлы не влияют на работоспособность сети в  целом. Подключение, отключение или выход из строя одного или нескольких абонентских узлов никак не сказывается на работе остальных.

Преимущества архитектуры PON сводятся, во-первых, к отсутствию промежуточных активных узлов и экономии волокон. Во-вторых, экономятся оптические приемопередатчики в центральном узле. В-третьих, нужно отметить легкость подключения новых абонентов и удобство обслуживания (подключение, отключение или выход из строя одного или нескольких абонентских узлов никак не  сказывается на работе остальных).

Древовидная топология P2MP позволяет оптимизировать размещение оптических разветвителей, исходя из реального расположения абонентов, затрат на  прокладку ОК и эксплуатацию кабельной сети. К недостаткам можно отнести возросшую сложность технологии PON и отсутствие резервирования в простейшей топологии дерева.

**2.4. Физическая топология**

Топологии оптических сетей доступа, представленные выше, являются логическими топологиями для трафика данных. Топология сети на физическом уровне представляет собой схему соединения оптических волокон в кабелях. Физическая сеть должна иметь большой срок службы и поддерживать большое число систем передачи и различные логические топологии. Следовательно, при проектировании сети нельзя опираться на одну выбранную систему передачи и соответствующую ей логическую топологию. При проектировании физической сети необходимо придерживаться следующих принципов:

* Инфраструктура сети с ее физической топологией должна поддерживать как активные, так и пассивные сети доступа;
* Линии передачи должны иметь такие характеристики, чтобы и в будущем как можно дольше поддерживать существующие и вновь появляющиеся телекоммуникационные технологии;
* Пропускная способность сети доступа (например, число волокон, предоставляемых абоненту) должна быть достаточной для поддержания различных видов услуг и различных технологий оказания этих услуг;
* Физическая сеть должна быть спроектирована так, чтобы легко устанавливалось требуемое для различных услуг оборудование, для которого должно быть выделено достаточное пространство и обеспечены нормальные условия для работы.

**2.5. 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.

## 2.5.1 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.

### 2.5.2Технология 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. 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. 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

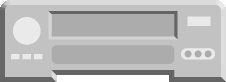
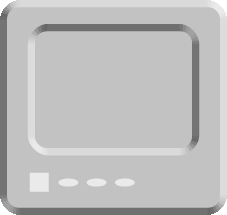
1:16

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

**3. ВЫБОР ОПТИЧЕСКИХ КАБЕЛЕЙ**

**3.1 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.

**3.2 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.

**3.3. 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.

**3.3.1Характеристики 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.

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.**

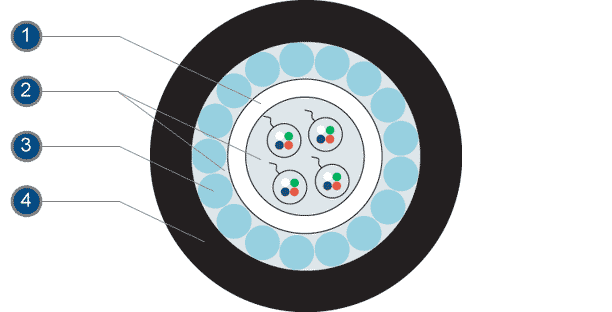
Толщина наружной оболочки кабеля должна быть не менее 2,0 мм. Толщина внутренней оболочки кабеля должна быть не менее 0,6 мм. Номинальный диаметр служебных жил – 1,2 мм. Толщина изоляции служебных жил не менее 0,3 мм.

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. 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.

**3.3.2Характеристики кабеля марки СКО-ОПТ-002Е04-04-М2**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| opt  **Рис. 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. |  |

**4. ВЫБОР ОБОРУДОВАНИЯ**

**4.1. 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.

**4.2. Описание аппаратуры**

**4.2.1. 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.

**4.2.2. 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%.

**4.2.3. Сплиттеры**

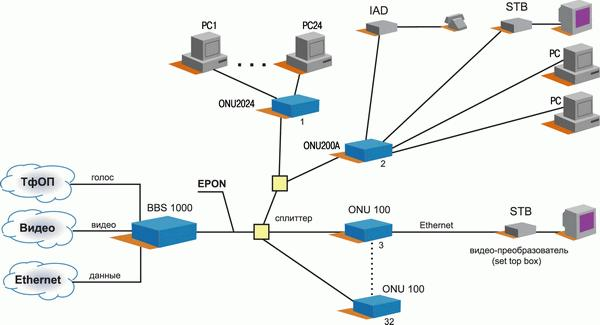
Разветвители – пассивные оптические компоненты, которые используются для разделения сигнала, поступившего во входное волокно, на два или несколько выходных волокон. Входной сигнал разделяется между выходными волокнами поровну. В обратном направлении разветвитель объединяет два или несколько входных сигналов 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. 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.

**4.3 РАСЧЁТ МОЩНОСТИ**

### 4.3.1. 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. 9.

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

Как видно из рис. 9., 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. 10.** 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.

## 4.3.2. 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.

**4.3.3Расчёт затухания для максимально отдалённого объекта**

**Таблица 5.1.** 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)* (3.3.3.1)

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)* (3.3.3.2)

**4. МЕРОПРИЯТИЯ ПО БЖД**

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В дипломном проекте рассмотрены вопросы проектирования телекоммуникационной сети доступа на базе технологии Ethernet. 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.