**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. 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. Тогда же начались первые пилотные испытания, как в США, так и в Европе.

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 пассивных оптических сетей на базе Ethernet, за которой закрепилось название EPON (EthernetPassiveOpticalNetworks), лишена подобных недостатков и более эффективно решает задачу «последней мили». Среди прочих достоинств технологии следует отметить существенную экономию оптических волокон, что позволяет значительно снизить затраты. Так, с помощью единственного оптического волокна можно подключить до 64 оконечных устройств и предоставить более 1500 портов FastEthernet.

Возможности Ethernet и IP совместно с технологией передачи по волокну позволяют построить настоящие мультисервисные сети, а не только обеспечить широкополосный доступ в Internet. В такой сети объединяется телефонный трафик, трафик данных и вещания со всеми сопутствующими услугами.

Абонент мультисервисной сети может получать любые виды услуг, ограниченные исключительно его платежеспособностью. При этом имеется возможность затребовать новую услугу или отказаться от используемой в любой момент. Именно в оперативном, безотказном и повсеместном выполнении этих требований и заключается основная задача функционирования мультисервисных сетей.

В соответствии с заданием к дипломному проекту требуется организовать сети доступа потехнологияEPON в городе Вахдат, которая и обеспечит население города и коттеджного посёлка всеми возможными телекоммуникационными услугами и даст возможность быстрого перехода к мультисервисным сетям связи.

**Глава 1.Цель, обоснование выбора и задачи дипломного работа.**

* 1. **Цель дипломного работа.**

Основной цель данного дипломного работа является организация оптических сетей доступа на базе технология EPON . 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. Так как, требования к услугам будут высокими, а следовательно нашей задачей является проведение транспортной сети и предоставление широкого спектра телекоммуникационных услуг – в обязательный пакет абонентских услуг будут входить: Телефония, Интернет и кабельное телевидение.

* 1. **Обоснование для выбора дипломного работа.**

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. Так как город и коттеджный посёлок предназначен для состоятельных людей, то и требования к услугам будут высокими, а следовательно нашей задачей является проведение транспортной сети в посёлке и предоставление широкого спектра телекоммуникационных услуг – в обязательный пакет абонентских услуг будут входить:

* Телефония
* Интернет
* кабельное телевидение.

Основа рыночной стратегии среднестатистического телекоммуникационного оператора заключается в сокращении капитальных и эксплуатационных затрат при повышении доходности услуг. Главными препятствиями на пути к поставленной цели, как правило, являются устаревающая сетевая инфраструктура и концептуальная неопределенность в вопросах сетевого развития. В настоящее время растёт спрос на услуги «tripleplay». При этом многим операторам, предоставляющие эти услуги приходится эксплуатировать две сети – сеть с коммутацией каналов, и сеть с коммутацией пакетов. Отдельной темой может служить вопрос о масштабируемости этих сетей, требующей замены телекоммуникационного оборудования и модернизации всей сети в целом.

Технология EPON — это разновидность PON, которая является одним из наиболее современных вариантов строительства сетей связи и обеспечивает скорость передачи данных до 1,2 гбит/сек. Но главное достоинство EPON — технология позволяет максимально экономно использовать ресурс оптического кабеля. Имеет смысл заказать проектирование сети gpon уже сейчас, так как это позволит вам существенно обогнать конкурентов в технологическом плане. В результате всего выше сказанного, упрощается обслуживание сети со стороны оператора, со стороны абонента – предоставляются более полные и качественные услуги связи.

**1.3. Задачи проекта.**

Для достижения цели, в дипломном проекте необходимо рассмотреть следующие задачи:

1. Архитектура и функциональная структура сети EPON.
2. Рассмотреть транспортный уровень сети EPON.

4. Выбор топологии сети доступа.

5. Выбор оборудование сетей EPON.

6. Разработка схема организации связи.

7. Расчёт затухания для максимально отдалённого дома.

8. Расчет параметров оптического кабеля..

9. Расчет технико-экономические показатели.

10. Разработка вопроса экологии и БЖД.

**Глава 2. Аналитическое обзор технология «пассивная оптическая сеть».**

**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 (PassiveOpticalNetwork). Общая структура сети PON представлена на рис. 2.1. Активное оборудование в центральном офисе или на узле доступа называется оптическим линейным терминалом (OpticalLineTerminal - OLT), а оборудование на абонентском узле – оптическим сетевым устройством (OpticalNetworkUnit - ONU). Некоторые из услуг связи, обычно предоставляемых сетями PON.

**OLT**

ONU 1

ONU 2

ONU 3

ONU N

Разветвитель

1:N

Интернет

Телефон

ТВ

Интернет

Телефон

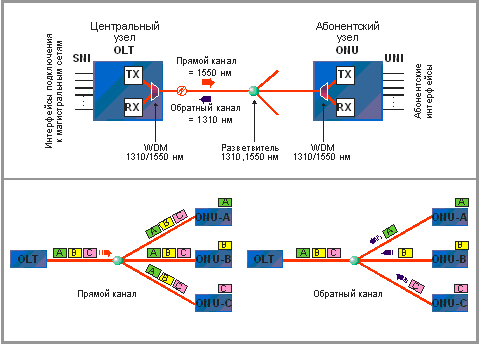
ТВ

Нисходящий поток

Восходящий поток

**Рис. 2.1.** Общая структура сети 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.



**2.2.** Основные элементы архитектуры PON и принцип действия.

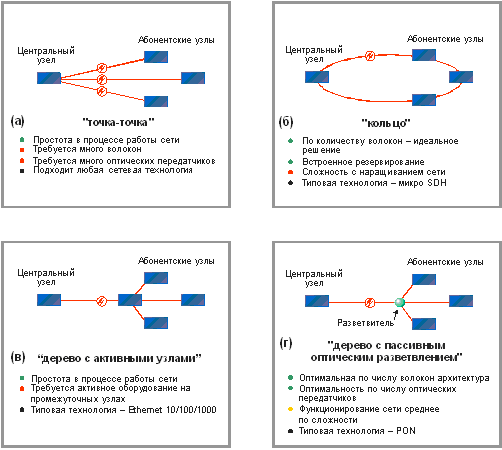
В направлении **нисходящего потока** все, передаваемые оборудованием OLT кадры Ethernet, принимаются каждым ONU в сети. Оборудование ONU распознает кадры, адресованные пользователям, которых оно обслуживает, и направляет их соответствующему оконечному оборудованию (или локальной сети). Кадры Ethernet, передаваемые в сети EPON, аналогичны стандартным кадрам GigabitEthernet 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 (timeslot). 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 (ATMPON - пассивная оптическая сеть, использующая технологию ATM),
* BPON (BroadbandPON – широкополосная пассивная оптическая сеть),
* GPON (Gigabit-capablePON - пассивная оптическая сеть, обеспечивающая гигабитные скорости передачи данных),
* EPON (EthernetPON - пассивная оптическая сеть, использующая технологию Ethernet).

**2.2. Сравнение возможных топологий сети**

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

**Рис.2.3.** Топологии оптических сетей доступа

**Точка-точка (P2P), рис.2.3 -а**

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.

**Кольцо, рис.2.3 -б**

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 (collapsedrings) значительно снижают надежность сети. А фактически главное преимущество кольцевой топологии сводится к минимуму.

**Дерево с активными узлами, рис. 2.3-в**

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.

**Дерево с пассивным оптическим элементами PON-P2MP, рис. 2.3-г**

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.

**2.3. 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.

**2.4. 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. Весной 2006 года в институте IEEE началась разработка нового стандарта сети EPON со скоростью передачи 10 Гбит/с. Этот стандарт планируется утвердить в 2009 году. 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.

**Ethernet для «последней мили» и сеть EPON**

Ethernet для «последней мили» (EFM - EthernetintheFirstMile) – 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 - wideareanetworks) и городских сетях (MAN - metropolitanareanetworks). Стандарт EFM, изданный в 2004 году, окончательно узаконил возможность использования Ethernet в сетях доступа. 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 (EFMcopper - 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 (EFMfibre - EFMF):
  + - 100 и 1000 Мбит/с по одномодовому волокну на расстояние до 10 км;
* EFM для пассивных оптических сетей (EFMPON - EFMP):
  + - 1000 Мбит/с по пассивной оптической сети (на основе одномодовых волокон) на расстояние до 20 км.

**Технология EPON (точка-многоточка, P2MP)**

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

Структура сети EPON показана на рис. 2.4. Скорость передачи в сетях EPON составляет 1 Гбит/с. Важнейшие физические характеристики EPON приведены в табл. 2.1.

Как видно из табл. 2.1. 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 (opticallineterminal – OLT), а оборудование абонентского узла – оптическим сетевым устройством (opticalnetworkunit - ONU).



**Рис. 2.4.** Структура сети EPON

**Таблица 2.1.** Физические характеристики сети EPON

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 1000BASE-  PX10-U | 1000BASE-  PX10-D | 1000BASE-  PX20-U | 1000BASE-  PX20-D |
| Тип волокна | Одномодовое волокно IEC 60793-2: B1.1, B1.3 (ITU-TG.652.D) | | | |
| Число волокон | 1 | | | |
| Длина волны | 1310 нм | 1490 нм | 1310 нм | 1490 нм |
| Направление передачи | Восходящий поток | Нисходящий поток | Восходящий поток | Нисходящий поток |
| Максимальное расстояние | 10 км | | 20 км | |
| Максимальное  затухание | 20 дБ | 19,5 дБ | 26 дБ | 24,5 дБ |
| Минимальное затухание | 5 дБ | | 10 дБ | |

Для управления трафиком сети EPON необходим дополнительный протокол канального уровня (2 уровень модели OSI), в качестве которого используется протокол MultipointMACControl (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 оборудованииюONU.

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).

Будучи частью стандарта IEEE 8002, семейство технологий EPON совместимо с:

* Классификацией и системой приоритетов услуг, описанными в стандарте IEEE 802.1D.
* Виртуальными локальными сетями (VirtualLocalAreaNetwork - VLAN), описанными в стандарте IEEE 802.1Q.

Классификация услуг основана на использовании информации о приоритете длиной 3 бита, с помощью которых можно определить 23 = 8 классов услуг. Стандартом IEEE 802.3D рекомендуются классификация и система приоритетов услуг, приведенные в табл. 2.2.

**Таблица 2.2.** Приоритеты услуг в соответствии со стандартом IEEE 802.1D.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Приоритет | Биты, определяющие приоритет | Услуга |
| 1 | 2 | 3 |
| Наивыс  ший | 111 | Управление сетью. Передача данных для поддержания сетевой инфраструктуры (кадры маршрутных протоколов, например, SNMP, RIP) |
|  | 110 | Речь. Передача данных, критичных к задержке (< 10 мс), например, при интерактивных переговорах (VoIP) |
|  | 101 | Видео. Передача данных, критичных по задержке (< 100 мс), например, при интерактивных видео обменах (IPTV, VoD). |
| 1 | 2 | 3 |
|  | 100 | Гарантированная доставка (Controlledload). Работа в ситуации некритической к задержке, но критической по потерям (например, деловой трафик, поточный трафик с резервированием). |
|  | 011 | Нормальная (не гарантированная) доставка с более высоким приоритетом, чем Besteffort (Excellent effort). Работа в ситуации некритической к задержке, но критической к потерям. Этот режим может использоваться для привилегированных клиентов. |
|  | 000 (по умолчанию) | Нормальная (не гарантированная) доставка (Besteffort). Это обычный трафик локальных сетей, например, web-сервис |
|  | 010 | Зарезервирован на будущее |
| Наиниз  Ший | 001 | Фоновый режим (Background). Массовые пересылки данных. |

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

**Глава 3. Расчётный часть.**

**3.1. Расчёт расстояния до каждого абонента.**

Для этого необходимо поделить его на участки. На один участок приходится ~1843 абонента, и max 64 ONU/ONT. Физические лица в основном будут подключаться по медным кабелям по технологии VDSL2+ или Ethernet. Юридическим лицам будет предложено подключение по оптоволоконному кабелю.

Исходя из этих условий получим следующее распределение (рис 4.1).



Рис. 3.1. Трасса прокладка кабеля 1 участка.

Определим количество ONU, и количество волокон приходящих на дом.

В 1-ом доме 129 квартир, 4 подъезда. На подъезд приходится примерно 32 квартиры. Услугами телефонии примерно будут востребованы 26 абонентов, услугами передачи данных – 6 абонентов. Исходя из того, что одно ONU поддерживает 4 интерфейсных платы, одно ONU будет обслуживать 2 подъезда. (использованы будут – 2 платы по 24 POTS, одна на 8 POTS и 4 Ethernet, и одна на 8 портов Ethernet). На дом будет приходить три волокна – одно для подключения ONU, 2 – на развитие. ONU будут подключаться от волокна оптическим сплиттером 1x2.

В втором доме 180 квартир, 5 подъездов. На один подъезд будет приходится 36 квартир. Услугами телефонии примерно будут востребованы 28 абонентов, услугами передачи данных – 7 абонентов. Один ONU будет обслуживать 2,5 подъезда (использованы будут – 3 платы по 24 POTS, одна на 24 порта Ethernet). На дом будет приходить три волокна – одно для подключения ONU, 2 – на развитие. ONU будут подключаться от волокна оптическим сплиттером 1x2.

В 3-м доме 120 потенциальных абонента, 6 подъездов. Один ONU будет обслуживать 3 подъезда (2 платы по 24 POTS, одна на 8 POTS и 4 Ethernet, и одна на 8 портов Ethernet). На дом будет приходить три волокна – одно для подключения ONU, 2 – на развитие. ONU будут подключаться от волокна оптическим сплиттером 1x2.

В 4-м доме 120 потенциальных абонента, 6 подъездов. Один ONU будет обслуживать 3 подъезда (2 платы по 24 POTS, одна на 8 POTS и 4 Ethernet, и одна на 8 портов Ethernet). На дом будет приходить три волокна – одно для подключения ONU, 3 – на развитие. ONU будут подключаться от волокна оптическим сплиттером 1x2.

В 5-м доме 120 потенциальных абонента, 6 подъездов. Один ONU будет обслуживать 3 подъезда (2 платы по 24 POTS, одна на 8 POTS и 4 Ethernet, и одна на 8 портов Ethernet). На дом будет приходить восемь волокон – одно для подключения ONU, 7 – на развитие. ONU будут подключаться от волокна оптическим сплиттером 1x2. Для экономии волокон, на доме будет ответвление на дома 3, 4, 7, 6, 12, 13 т.е. с учётом домовых ONU будет использоваться сплиттер 1x8.

В 6-м доме 60 потенциальных абонента, 3 подъезда. Один ONU будет обслуживать 3 подъезда (2 платы по 24 POTS, одна на 8 POTS и 4 Ethernet, и одна на 8 портов Ethernet). На дом будет приходить два волокна – одно для подключения ONU, 1 – на развитие.

В 7-м доме 60 потенциальных абонента, 3 подъезда. Один ONU будет обслуживать 3 подъезда (2 платы по 24 POTS, одна на 8 POTS и 4 Ethernet, и одна на 8 портов Ethernet). На дом будет приходить два волокна – одно для подключения ONU, 1 – на развитие.

В 8 доме 90 квартир, 5 подъездов. На один подъезд приходится примерно 18 квартир. Один ONU будет обслуживать 4 подъезда. Второй – 1 подъезд 8 дома, и один 9-го, в котором всего 20 квартир. На дом будет приходить три волокна – одно для подключения ONU, 2 – на развитие. ONU будут подключаться от волокна оптическим сплиттером 1x2.

В 10-м доме 246 потенциальных абонента, 7 подъездов. На один подъезд приходится примерно 36 квартир. Один ONU будет обслуживать 2,5 подъезда (2 платы по 24 POTS, одна на 8 POTS и 4 Ethernet, и одна на 8 портов Ethernet). Всего будет использовано 4 ONU. 4 ONU обслуживает два подъезда. На дом будет приходить пять волокон – одно для подключения ONU, 4 – на развитие. ONU будут подключаться от волокна оптическим сплиттером 1x4. Для экономии волокон, на доме будет ответвление на дома 8,9,11,13,14,16,17,18, т.е. с учётом домовых ONU будет использоваться сплиттер 1x12.

В 11-м доме 72 потенциальных абонента, 3 подъезда. Один ONU будет обслуживать 3 подъезда (2 платы по 24 POTS, одна на 8 POTS и 4 Ethernet, и одна на 8 портов Ethernet). На дом будет приходить три волокна – одно для подключения ONU, 2 – на развитие.

В 12-м доме 72 потенциальных абонента, 3 подъезда. Один ONU будет обслуживать 3 подъезда (2 платы по 24 POTS, одна на 8 POTS и 4 Ethernet, и одна на 8 портов Ethernet). На дом будет приходить три волокна – одно для подключения ONU, 2 – на развитие.

В 13-м доме 120 потенциальных абонента, 6 подъездов. Один ONU будет обслуживать 3 подъезда (2 платы по 24 POTS, одна на 8 POTS и 4 Ethernet, и одна на 8 портов Ethernet). На дом будет приходить два волокна – одно для подключения ONU, 1 – на развитие. ONU будут подключаться от волокна оптическим сплиттером 1x2.

В 14-м доме 72 потенциальных абонента, 3 подъезда. Один ONU будет обслуживать 3 подъезда (2 платы по 24 POTS, одна на 8 POTS и 4 Ethernet, и одна на 8 портов Ethernet). На дом будет приходить три волокна – одно для подключения ONU, 2 – на развитие.

В 15-м доме 216 потенциальных абонента, 6 подъездов. На один подъезд приходится примерно 36 квартир. Один ONU будет обслуживать 2 подъезда (2 платы по 24 POTS, одна на 8 POTS и 4 Ethernet, и одна на 8 портов Ethernet). Всего будет использовано 3 ONU. На дом будет приходить пять волокон – одно для подключения ONU, 4 – на развитие. ONU будут подключаться от волокна оптическим сплиттером 1x3.

В 16 доме 108 квартир, 3 подъезда. На один подъезд будет приходится 36 квартир. Услугами телефонии примерно будут востребованы 28 абонентов, услугами передачи данных – 7 абонентов. Один ONU будет обслуживать 3 подъезда (использованы будут – 3 платы по 24 POTS, одна на 24 порта Ethernet). На дом будет приходить три волокна – одно для подключения ONU, 2 – на развитие.

В 17-м доме 114 потенциальных абонента, 1 подъезд.два ONU будет обслуживать 1 подъезд (2 платы по 24 POTS, одна на 8 POTS и 4 Ethernet, и одна на 8 портов Ethernet). На дом будет приходить три волокна – одно для подключения ONU, 2 – на развитие. ONU будут подключаться от волокна оптическим сплиттером 1x2.

В 18 доме 108 квартир, 3 подъезда. На один подъезд будет приходится 36 квартир. Один ONU будет обслуживать 3 подъезда (3 платы по 24 POTS, одна на 24 порта Ethernet). На дом будет приходить три волокна – одно для подключения ONU, 2 – на развитие.

Коттеджный посёлок Юкки в Порошкино находится в 7 км от Вахдат в 4 км от крупного населённого пункта Юкки. Линия передачи ВОЛС будет проложена от Юкков до Юкков, протяжённостью 4 км.

Кабель начнём прокладывать с сельской телефонной станции, находящейся в самом выгодном положении, т.е. самая близкая к коттеджному посёлку Юкки. Кабель будет проходить вдоль автомобильных дорог по землям, не имеющим сельскохозяйственного значения или по сельскохозяйственным угодьям худшего качества, в местах пересечения с реками кабель будет проложен по мостам. Далее кабель будет подведён к оборудованию, расположенному в здании КПП.

Чтобы рассчитать минимальную длину кабеля, измеряем расстояние от разветвителя до каждого абонента. Для этого я произвожу расчет с разных точек установки разветвителей для нахождения наиболее выгодного места с целью экономии кабеля. Ниже привожу окончательный расчётные данные.

**Таблица 2.3.**

Расчёт расстояний

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| № п/п | Наименование | Расстояние |
| 1 | Дом № 1 | 283 м |
| 2 | Дом № 2 | 444 м |
| 3 | Дом № 3 | 800 м |
| 4 | Дом № 4 | 912 м |
| 5 | Дом № 5 | 997 м |
| 6 | Дом № 6 | 630 м |
| 7 | Дом № 7 | 1250 м |
| 8 | Дом № 8 | 1360 м |
| 9 | Дом № 9 | 1333 м |
| 10 | Дом № 10 | 1489 м |
| 11 | Дом № 11 | 1486 м |
| 12 | Дом № 12 | 1313 м |
| 13 | Дом № 13 | 1229 м |
| 14 | Дом № 14 | 1105 м |
| 15 | Дом № 15 | 1016 м |
| 16 | Дом № 16 | 833 м |
| 17 | Здание администрации | 620 м |
| 18 | Развлекательный комплекс | 377 м |
| 19 | КПП | 0 м |

В итоге до оборудования используется 4 км кабеля маркировки ОПС, а от оборудования до каждого абонента 17,5 км кабеля маркировки ОПТ.

**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.

**3.3 Расчёт затухания для максимально отдалённого дома.**

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

*Звв = Кзв \* L, (дБ)* (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)* (3.2)

**Таблица 3.1.**

Расчёт затухания.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Расчёты затухания  Тип волокна: G.652 ITU-TD | | 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 |

**3.4. Выбор топологии сети доступа.**

Наиболее перспективными технологиями доступа являются технологии на основе оптических сетей, т.к. они обеспечивают максимальную пропускную способность. Существуют четыре основные топологии построения оптических сетей доступа: "кольцо", "точка-точка", "дерево с активными узлами", "дерево с пассивными узлами".

"Кольцо"

Кольцевая топология на основе SDH положительно зарекомендовала себя в городских телекоммуникационных сетях. Однако в сетях доступа не все обстоит также 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 превратится в сильно изломанное кольцо со 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 – “сжатых” колец (collapsedrings), что значительно снижает надежность сети. Фактически главное преимущество кольцевой топологии сводится к минимуму.



Рис. 3.2. Топология кольцо.

"Точка-точка" (P2P)

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, использующих оптические модемы. С точки зрения безопасности и защиты передаваемой информации, при соединении P2P обеспечивается максимальная защищенность абонентских узлов. Поскольку ОК нужно прокладывать индивидуально до абонента, этот подход является наиболее дорогим и привлекателен в основном для крупных абонентов.



Рис. 3.3 Топология точка-точка.

"Дерево с активными узлами"

Дерево с активными узлами – это экономичное с точки зрения использования волокна решение. Это решение 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). 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.



Рис. 3.4. Топология «дерево с активными узлами».

"Дерево с пассивным оптическим разветвлением PON (P2MP)"

Решения на основе архитектуры PON используют логическую топологии "точка-многоточка" P2MP (point-to-multipoint) , которая положена в основу технологии PON, к одному порту центрального узла можно подключать целый волоконно-оптический сегмент древовидной архитектуры, охватывающий десятки абонентов. При этом в промежуточных узлах дерева устанавливаются компактные, полностью пассивные оптические разветвители (сплиттеры), не требующие питания и обслуживания.

Общеизвестно, что PON позволяет экономить на кабельной инфраструктуре, за счет сокращения суммарной протяженности оптических волокон, т.к. на участке от центрального узла до разветвителя используется всего одно волокно. В меньшей степени обращают внимание на другой источник экономии – сокращение числа оптических передатчиков и приемников в центральном узле. Между тем экономия о второго фактора в некоторых случаях оказывается даже более существенной. Так по оценкам компании NTT конфигурация PON с разветвителем в центральном офисе в непосредственной близости к центральному узлу оказывается экономичнее, чем сеть точка-точка, хотя сокращение длины оптического волокна практически нет!



Рис. 3.5. Топология «дерево с пассивными оптическими узлами».

Выбор транспортной технологии.

Технология SDH.

ЦСП-SDH представляет собой набор стандартизованных информационных структур, предназначенных для транспортировки сигналов по сети электросвязи. Главным из них является синхронный транспортный модуль N-гo порядка STM-N. Пропускная способность ЦСП-SDH определяется используемым уровнем иерархии SDH и, соответственно, STM. В табл.4.1 приведены значения скорости передачи В, количество первичных цифровых потоков Е1 (Л/Е1) и основных цифровых каналов (N/оцк) для разных уровней STM (значения В и N/оцк округлены).

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 EPON, 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 оптическиесплиттеры 2xN.

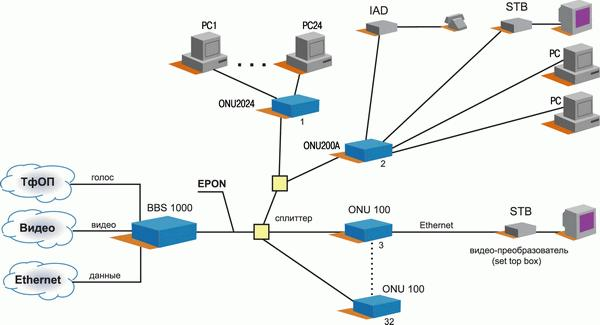


Рис. 3.6.Структура проектируемый сети связи .

В этом случая на один участок отводится два порта EPON (при этом один порт EPON - 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. Принехватки 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.

**3.5 Выбор оборудования .**

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 OlenComElectronics 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.

**BBS 1000, концентратор EPON**- 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.

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 FastEthernet;
* 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 FCCpart 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.

**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/сдля 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.

**Соответствие стандартам:**IEEE 802.3ah

**Авторизация пользователя:** IEEE 802.1X

**Встроенные механизмы качества обслуживания(QoS):** IEEE 802.1pIPv4, TOS приоритетность

**Система управления**

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

**Сертификаты соответствия:** VCCI, ULandFCCpart 15B

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

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

**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%.

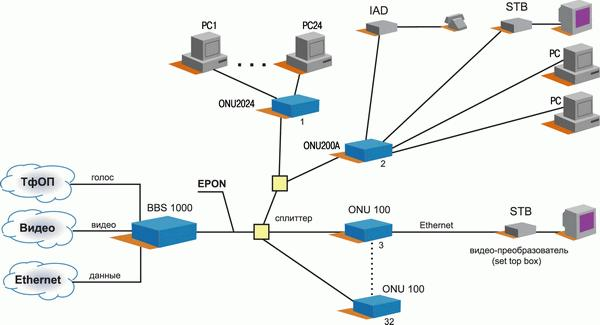
**Сплиттеры -** Разветвители – пассивные оптические компоненты, которые используются для разделения сигнала, поступившего во входное волокно, на два или несколько выходных волокон. Входной сигнал разделяется между выходными волокнами поровну. В обратном направлении разветвитель объединяет два или несколько 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. 3.1.** 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.

**Глава 4. Расчет технико-экономических показателей**

**4.1 Необходимые данные для расчета капитальных вложений проекта.**

Произведем расчеты по проектирование сети EPON . Население город составляет 45694 человек. Рассчитаем примерное количество подключившихся абонентов к проектируемой сети EPON 20 % от общий количество населения . Для расчета капитальных вложений необходимо иметь информацию стоимости оборудования и и т.д.

В связи с тем, что строительство телекоммуникационной сети доступа имеет ввиду её коммерческое использование, то содержанием расчётов являются:

* расчёт капитальных вложений на строительство телекоммуникационной сети доступа;
* расчёт годовых эксплуатационных расходов;
* расчёт срока окупаемости капитальных вложений.

**4.1 Расчёт капитальных вложений на строительство телекоммуникационной сети доступа.**

Расчёт капитальных вложений производим в соответствии с формулой :

*К = Ц0Л + ЦОС + СТ + СЛ + ССТ + СПР + СП,* (4.1)

где *Ц0Л* – затраты на линейное оборудование, необходимое для строительства телекоммуникационной сети доступа;

*ЦОС* – затраты на станционное оборудование;

*СТ*– транспортные расходы и тара;

*СЛ*– затраты на прокладку и монтаж оптического кабеля;

*ССТ*– затраты на монтаж и настройку оборудования;

*СПР*– затраты на монтажные и измерительные приборы;

*СП* – затраты на проектирование телекоммуникационной сети доступа.

Объём работ по всем сооружениям определён в соответствии с выбранной трассой.

Объём работ по станционным и энергосооружениям определён исходя из того, что проектируемое оборудование размещается на существующих площадях ЛАЦ, без конструкции помещений. Поэтому гражданские сооружения не проектируются.

Сметная стоимость на реконструкцию линейных сооружений представлена в таблице 4.1

**Таблица 4.1.**Сметная стоимость линейных сооружений

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Наименование статей затрат** | **Ед.  Изм-ния** | **Кол-во** | **%** | **Стоимость сомони** | |
| **За единицу** | **Всего** |
| Приобретение кабеля:  ОПС  ОПТ | км  км | 7  17,476 |  | 4533,9  2526,3 | 31737,3  44149,6 |
| Прокладка кабеля в телефонной канализации (прокладка в трубке в готовую канализацию) | км | 1 |  | 42500 | 42500 |
| Прокладка кабеля кабелеукладчиком (рельсовым) | км | 6 |  | 42500 | 255000 |
| Прокладка кабеля в ручную (засыпка в траншеи) | км | 1 |  | 34000 | 34000 |
| Устройство перехода через автодорогу | переход | 2 |  | 1139 | 2278 |
| Транспортные расходы и тара | % от стоимости кабеля |  | 30\* |  | 22766,4 |

Цены на линейные сооружения взяты с коммерческих сайтов ЗАО «Севкабель-оптик», ОАО «Olencom».

Сметная стоимость на реконструкцию станционных сооружений представлена в таблице 4.2.

**Таблица 4.2.**Сметная стоимость станционных сооружений

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Наименование статей затрат** | **Ед.  Изм-ния** | **Кол-во** | **%** | **Стоимость сомони** | |
| **За единицу** | **Всего** |
| Приобретение патч-кордов  Приобретение патч-панелей | шт.  шт. | 64  4 |  | 134.6  184,42 | 8616,96  737,39 |
| Приобретение аппаратуры:  BBS 1000  ONU 100  Сплиттер | шт.  шт.  шт. | 1  21  5 |  | 25500  982,6  1530 | 25500  20634,6  7650 |
| Монтаж оборудования  BBS 1000  ONU 100  Сплиттер | шт.  шт.  шт. | 1  21  5 |  | 2040  680  425 | 2040  14280  2125 |
| Настройка оборудования  BBS 1000  ONU 100 | шт.  шт. | 1  21 |  | 1020  85 | 1020  1785 |
| Транспортные расходы и тара | % от стоимости оборудования |  | 15\* |  | 24582,85 |
| Затраты на проектирование | % от стоимости оборудования |  | 3\* |  | 4916,57 |
| Монтажные и измерительные приборы | комплект | 1 |  | 13600 | 13600 |

Цены на станционное оборудование, монтажные и измерительные приборы взяты с коммерческого сайта ОАО «Olencom».

Общая смета капитальных вложений на строительство телекоммуникационной сети доступа приведена в таблице 4.3.

**Таблица 4.3.** Смета капитальных вложений на строительство телекоммуникационной сети доступа

|  |  |
| --- | --- |
| **Наименование затрат** | **Всего, сомони** |
| Линейные сооружения, *ЦОЛ* | 75888,17 |
| Станционные сооружения, *ЦО* | 163884,76 |
| Монтаж и настройка оборудования, *ССТ* | 21250 |
| Транспортные расходы, *СТ* | 47349,25 |
| Прокладка и монтаж ОК, *СЛ* | 343978 |
| Монтажные и измерительные приборы, *СПР* | 13600 |
| Затраты на проектирование ВОЛП, *СП* | 4916,57 |
| Итого | 670885,75 |
| Прочие затраты (непредвиденные расходы) 10% от общей стоимости | 100632,52 |
| НДС 18% | 138873 |
| **Итого** | **910389** |

Общая сумма капитальных вложений на строительство линейных и станционных сооружений связи составляет: **К = 910389,23(сомони).**

**4.2. Расчет годовых эксплуатационных расходов.**

Затраты, образующие себестоимость продукции группируются в соответствии с их экономическим содержанием по следующим элементам.

Расчёт эксплуатационных расходов производим в соответствии с формулой :

*РЭ = ФОТ + ЕСН + А + М + РЭЛ + РПР,*(5.2.)

где *ФОТ* – затраты на оплату труда;

*ЕСН* – выплата единого социального налога;

*М* – материальные затраты;

*А* – амортизационные отчисления;

*РЭЛ* – расходы на оплату электроэнергии;

*РПР*– прочие производственные и транспортные расходы.

***Расчет годового фонда заработной платы***

Годовой фонд заработной платы (ФОТ) начисляется по количеству работающих сотрудников умноженной на 12 (месяцев), плюс 35% премии, плюс 15% за работу в ночное время, в выходные и праздничные дни.

Должности требуемых работников приведены в таблице 4.4

# Таблица 4.4..«Фонд заработной платы»

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Наименование должности | Кол-во человек | Оклад (сомони) | Итого (сомони ) |
| Инженер | 1 | 1700 | 3400 |
| Электромеханик | 2 | 1394 | 2788 |
| Монтер | 2 | 1160 | 2320 |
| Итого ФОТ мес.: |  | | 8508 |

Зарплата указана по данным ОАО «Точиктелеком»

Средняя ежемесячную заработную плату определяем по формуле:

 (4.3)

– средняя заработная плата, 1701сомони

Величина фонда заработной платы за год составит:

ФОТ = 1701\*5\*12 = 102060 сомони.

* + 1. ***Единый социальный налог***

Отчисления на социальные нужды представляют собой обязательные для каждого предприятия выплаты по установленным в законодательном порядке нормам в размере 25%, в том числе в фонды социального и защиты населения (25%). Отчисления на социальные нужды напрямую зависят от фонда оплаты труда и рассчитываются по единым для всех предприятий нормам:

, (4.4)

* + 1. ***сомони/год***

***Расчёт материальных затрат***

В материальные затраты включены затраты на материалы и запасные части и формируются, исходя из средне-нормативных величин, составляющих 1-3% от общих капитальных затрат [15].

в расчётах принято Г = 1%.

*М = К \* Г(сомони)* (4.5)

*М = 910389,23 \* 0,01 = 9103.89(сомони/год).*

***Расчёт затрат на оплату электроэнергии***

Расходы на электроэнергию для производственных нужд от посторонних источников электроснабжения определяются на основе потребляемой мощности и тарифа за один кВт\*ч.

Потребляемая мощность определяется из технических характеристик данного оборудования. Тариф электроэнергии за 1 кВт\*ч принимается равным 0.26 дирам (по данным ОАО «Барки Точик» г. Душанбе).

Расход электроэнергии определяется по формуле:

*РЭЛ = 365 \* W \* t/1000 \* £,* (4.6)

где *W*– мощность, потребляемая аппаратурой, Вт\*ч;

*£* - КПД электропитающей установки равен 0,67;

*t*– продолжительность работы оборудования в сутки.

**Таблица 5.5.**

|  |  |
| --- | --- |
| Тариф на электроэнергию, сомони/кВт\*ч | 0,26 |
| Потребляемая оборудованием мощность, Вт\*ч | 110 |
| Продолжительность работы оборудования в сутки, ч. | 24 |
| Дней в году | 365 |
| КПД электропитающей установки | 0,67 |
| Расход электроэнергии в год, кВт | 1198,51 |
| Затраты по электроэнергии в год, сомони. | 311.62 |

***Расчёт амортизационных отчислений***

Амортизационные отчисления учитывают стоимость оборудование, которые составляют 23620.59сомони.. На сегодня норма амортизации (На) составляет 15 % (8 -20%) в год, следовательно, амортизационные отчисления составляют и рассчитываются по формуле:

, (5.7)

сомони.

***Расчёт прочих и транспортных расходов***

Прочие расходы включают в себя административно-технические расходы, управленческие расходы для предприятий, обслуживающих первичные сети, единый социальный налог, а также налог на пользователей автомобильных дорог, составляющий 15% от фонда заработной платы персонала [15].

*РПР = ДРпр \* ФОТ(сомони.)* (5.8)

*РПР =0,15 \* 102 060 =15309 (сомони).*

Сводная смета затрат на годовые эксплуатационные расходы представлена в таблице 5.6.

**Таблица 5.6**

Сводная смета затрат на годовые эксплуатационные расходы

|  |  |
| --- | --- |
| **Наименование статей затрат** | **Всего, сомони** |
| ФОТ | 102060 |
| Осн | 25515 |
| Амортизационные отчисления | 3543 |
| Материальные затраты | 9103.9 |
| Расходы на оплату электроэнергии | 311 |
| Прочие и транспортные расходы | 15309 |
| **Итого** | **155841,9** |

Таким образом эксплуатационные расходы составят сумму:

***РЭ = ФОТ + Осн + А + М + РЭЛ + РПР = 102060 + 25515 + 3543 +9103.9 + 311 +15309 = 155 841,9***

**5.3.Расчет срока окупаемости капитальных вложений**

**5.3.1. Расчёт дохода от основной деятельности**

Доходы от основной деятельности рассчитываются по следующей формуле:

*Д = ДИСХ + ДА*, (4.9)

где *ДИСХ –* доходы за исходящие разговоры;

*ДА –* дохода от сдаваемых в аренду каналов.

*ДИСХ = N \* n \* Ц (сомони.),* (4.10)

где N – число каналов;

n – число исходящих разговоров по одному каналу в год (по статистике 7500\* в год);

Ц – тарифная ставка за один разговор (средняя стоимость одного разговора 1.7 сомони.).

*ДИСХ =32 \* 7500 \* 1.7 = 408000 (сомони.)*

Доходы от аренды каналов и предоставления услуг широкополосного доступа примем равными 70%\* от доходов за исходящие разговоры.

*ДА = 408000 \* 0,7 = 285600(сомони.)*

Тогда общие доходы составят:

*Д= 408 000 + 285 600 = 693600(сомони.)*

**5.3.2. Расчёт прибыли от реализации услуг и чистой прибыли**

Прибыль от реализации услуг связи определяется как разница между доходами и годовыми эксплуатационными расходами. Прибыль характеризует эффект от деятельности предприятия в абсолютном выражении. Прибыль рассчитываем по формуле [15]:

*ПР = ДТ – РЭ,* (4.11)

*ПР = 693 600 – 155 841,9 = 678 015.1 (сомони)*

Также вычислим чистую прибыль, остающуюся в распоряжении предприятия после уплаты в бюджет РТ налога на прибыль, который составляет на данный момент 25%. Чистую прибыль *ПЧ* вычислим в соответствии с формулой [15]:

*ПЧ = ПР – (ПР \* 0,25)(сомони.)* (4.12)

*ПЧ = 678 015,1 – (678 015,1 \* 0,25)= 508511 (сомони.)*

**5.3.3. Расчёт срока окупаемости капитальных вложений**

Для получение экономическая эффекта от данного проекта, получение прибыль Пр разделить на общую сумма капиталовложения.

, (4.13)



Рассчитаем период окупаемость по формуле:

, (4.14)

1,7 года

**ВЫВОД**

В настоящее время инвестиции считают привлекательными при сроке окупаемости ≤ 5 лет, что больше чем 1,7 года. Следовательно можно сделать вывод, что строительство телекоммуникационной сети доступа является экономически оправданным, и может быть принято к реализации.

**Таблица 4.7.**

Технико-экономические показатели

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Наименование показателей / *ед. измерения*** | **Усл. обозна**  **чения** | **Требования тех. задания** | **Значение показателя** |
| Тип системы передачи | -------- | EPON | Концентратор BBS 100,  Терминальное устройство ONU 100, сплиттер |
| Тип кабеля | -------- | Волоконно-оптический | **ОПС-008Е04-04-М2**  **ОПТ-002Е04-04-М2** |
| Рабочая длина волны / *нм* | λ | **1310, 1490, 1550** | **1310, 1490, 1550** |
| Общее число организуемых каналов / *кан* | N | ----------------- | 32 |
| Протяжённость трассы / *км* | L | ----------------- | 8,489 |
| Капитальные вложения / *тыс. сомони.* | К | ----------------- | 910389,23 |
| Годовые эксплуатационные расходы / *тыс. сомони.* | Р | ----------------- | 155 841,9 |
| Срок окупаемости /*год* | Т | ≤ 5 | 1,7 |

**Глава 5. Безопасности жизнедеятельность**

**5.1 Техника безопасности при работе с оптическим кабелем и ее монтаже**

Для снижения заболеваемости и ликвидации травматизма необходимо придерживаться свода правил, определяющих безопасные методы работы. Измерение и испытание оптического кабеля производится в процессе монтажа кабельной линии. Монтаж муфт производится в колодцах кабельной канализации большого типа. Колодцы должны быть сухими, иметь хорошее освещение и вентиляцию, позволять установку в них столиков – подставок для сварочного аппарата и свободного размещения двух монтажников. При любой погоде над колодцем должна быть кабельная палатка. При невозможности обеспечить эти условия монтаж соединительных муфт должен производиться только в специализированной машине. При работе с оптическим волокном его отходы при разделке необходимо собрать в отдельный ящики после окончания монтажа освободить этот ящик в специально отведённом месте или закопать отходы в грунт. Следует избегать попадания остатков ОВ на одежду. Работу с ОВ надо производить в клеёнчатом фартуке. Монтажный стол и пол в монтажно-измерительной машине после каждой смены следует обрабатывать пылесосом и затем протереть влажной тряпкой. Обжим тряпки надо производить в резиновых перчатках.

При работе с устройством для сварки ОВ необходимо соблюдать следующие требования:

* Все подключения и отключения приборов, требующие разрыва электрических цепей или соединения с высоковольтными цепями устройства, производить при полностью снятом напряжении;
* Устройство должно быть обязательно заземлённым;
* Во время наладочных работ следует помнить, что трансформатор, высоковольтные провода, электроды в режиме сварки находятся под высоким напряжением;
* Запрещается эксплуатация устройства со снятым защитным кожухом блока электродов;
* Не реже одного раза в неделю следует производить поверку исправности изоляции высоковольтных проводов;
* К работе с устройством допускаются лица, прошедшие вводный инструктаж по технике безопасности на рабочем месте и с последующей проверкой знаний и имеющий группу по электробезопасности не ниже третьей.

**5.2 Действие лазерного излучения на организм человека**

Лазерная безопасность-совокупность технических, санитарно-гигиенических и организационных мероприятий, обеспечивающих безопасные условие труда персонала при использовании лазеров.

Вопросы обеспечения безопасности жизнедеятельности при строительстве и эксплуатации волоконно-оптических систем передачи можно объединить в несколько групп по виду производимых работ: прокладка оптического кабеля, монтаж оконечной и промежуточной аппаратуры, эксплуатация кабельной магистрали и аппаратуры.

Часть этих вопросов, таких, как электробезопасность, пожарная безопасность, обеспечение микроклимата и воздушной среды рабочей зоны, освещенность производственных помещений, в достаточной мере отработаны с учетом опыта строительства, монтажа и эксплуатации систем передачи по коаксиальным и симметричным кабелям. Наибольший интерес представляют вопросы, связанные с особенностями ВОСП, то есть наличием лазерного излучения и использованием в качестве направляющей среды стекловолокна.

Лазерное излучение при воздействии на человека может вызвать органические изменения, возникающие в облучаемых тканях (первичные биологические эффекты), и неспецифические изменения в организме, возникающие, как реакция на облучение (вторичные биологические эффекты). Степень поражения зависит от интенсивности излучения, длительности воздействия, длины волны, особенностей облучаемых тканей и органов. По степени опасности генерируемого ими излучения лазеры делятся на четыре класса:

I не представляет опасности для глаз и кожи;

II представляет опасность для глаз прямым или зеркально отраженным излучением;

III представляет опасность при облучении прямым, зеркально отраженным, а также диффузно отраженным излучением на расстоянии 10 см от диффузно отражающей поверхности и (или) при облучении кожи прямым или зеркально отраженным излучением;

IV представляет опасность при облучении кожи диффузно отраженным излучением на расстоянии 10 см от диффузно отражающей поверхности.

Лазерные излучатели, используемые в современных системах передачи, как правило, относятся ко второму классу по степени опасности.

Опасным для человека является лазерное облучение: прямое, рассеянное и отраженное. Плотность излучения может достигать очень больших значений (1018 Вт/м 2).

**Таблица .**

Термины и пояснения к ним, применяемые в стандарте:

|  |  |
| --- | --- |
| Термин | Пояснение |
| 1.Диффузно-отраженное лазерное излучение. | Лазерное излучение, отраженное от поверхности, соизмеримой с длиной волны по всевозможным направлениям в пределах полусферы. |
| 2.Зеркально отраженное лазерное излучение | Лазерное излучение, отраженное под углом равным углу падения излучения. |
| 3.Рассеянное лазерное излучение. | Лазерное излучение, рассеянного от вещества, находящегося в составе среды, сквозь которую проходит излучение. |
| 4.Лазерно-опасная зона. | Часть пространства, в пределы которого уровень лазерного излучения превышает ПДУ. |
| 5.Персонал | Лица, которые постоянно или временно непосредственно работают с лазерами или сроду своей деятельности могут, подвергаться воздействию лазерного излучения. |

**5.3 Расчет одиночного заземления**

Для предотвращения электрических травм, которые могут быть вызваны при касании металлических конструкций или корпусов электрооборудования, оказавшихся под напряжением вследствие повреждения изоляции, а также для защиты аппаратуры устраиваются защитные заземления, представляющие собой преднамеренное соединение с землей или ее эквивалентом металлических частей электроустановок, нормально не находящихся под напряжением.

Расчет заземляющего устройства осуществляют исходя из его максимально допустимого сопротивления, установленного для соответствующего оборудования.

В электроустановках напряжением выше 1000 В в сети с заземленной нейтралью сопротивление заземляющего устройства должно быть не более 0,5 Ом в любое время года, то есть  Ом (согласно ПУЭ).

Так как естественный заземлитель отсутствует (не предусмотрен заданием), то предусматривается искусственный заземлитель, сопротивление которого  Ом.

Определим расчетное удельное сопротивление , где  - удельное сопротивление грунта, Ом\*м,  - климатический коэффициент (выбирается из справочника в соответствии с климатическими условиями отдельных зон). Выбираем тип грунта - суглинок с сопротивлением  Ом\*м, а климатический коэффициент в соответствии с нашей зоной . Тогда расчетное удельное сопротивление будет определено:

 Ом\*м. (5.1)

Выберем тип заземлителя и его размеры. Искусственный заземлитель относится к типу трубчатый или стержневой длиной  м и диаметром  м. Расстояние от заземлителя до поверхности земли в расчетах примем равным  м.

Рассчитаем сопротивление растекания одиночного трубчатого заземлителя:

, (5.2)

где  (м) - расстояние от поверхности земли до средины заземлителя.

Используя выше приведенные данные, получим:

 (Ом)

Количество параллельно соединенных одиночных заземлителей, необходимых для получения допустимого значения сопротивления заземления, без учета сопротивления полосы соединения, будет составлять:

, (5.3)

где  - коэффициент использования группового заземлителя. Согласно справочным данным, количество параллельно соединенных одиночных заземлителей должно быть не меньше двух. Так как мы рассчитываем одиночное заземление, то из справочных таблиц выбираем .

Тогда .

Длина полосы соединения определяется как:

, (5.4)

где  м - расстояние между вертикальными заземлителями.

Соответственно  м. Рассчитаем сопротивление  полосы соединения, используя формулу:

, (5.5)

где  - эквивалентный диаметр соединительной полосы шириной . В расчетах примем  при см.

Тогда

 (Ом).

Исходя из найденных значений, можно рассчитать сопротивление всего заземляющего устройства с учетом соединительной полосы:

, (5.6)

где  - коэффициент использования соединительной полосы, выбирается из справочника и в соответствии с заданными условиями имеет значение .

** (Ом).**

Таким образом, сопротивление растекания группового искусственного заземлителя несколько меньше заданного (0,5 Ом), что повышает безопасность.