

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
**«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**
(Н И У « Б е л Г У »)

ИНСТИТУТ ИНЖЕНЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК

**Кафедра информационно-телекоммуникационных
систем и технологий**

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ СЕТЕЙ СВЯЗИ ДЛЯ МИКРОРАЙОНА В
ПРЕДЕЛАХ УЛИЦ ГОСТЕНСКОЙ, НАРОДНЫЙ БУЛЬВАР, 50-ЛЕТИЯ
БЕЛ.ОБЛАСТИ, ПОБЕДЫ В Г.БЕЛГОРОД**

Выпускная квалификационная работа
обучающегося по направлению подготовки 11.03.02 Инфокоммуникационные
технологии и системы связи
заочной формы обучения, группы 07001364
Горобец Евгения Викторовича

Научный руководитель
ст. преп. кафедры
Информационно-
телекоммуникационных
систем и технологий
НИУ «БелГУ» Пеньков Е.П.

Рецензент
начальник цеха сервисной и
технической поддержки участка
№1 г.Белгород Белгородского
филиала ПАО «Ростелеком»
Кириченко Р.И.

БЕЛГОРОД 2017

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время развитие телекоммуникационной инфраструктуры происходит неравномерно. Существующая инфраструктура фиксированной связи во многих случаях по качеству, надежности, уровню цифровизации и темпам технической модернизации не соответствует требованиям оказания современных информационно-коммуникационных услуг. Так как развитие местных телефонных сетей на базе цифровых АТС позволит улучшить качество и возможности сервиса за счет услуг Интернета, телематических служб и интеллектуальных сетей, в последнее время выявилась четкая тенденция перехода с традиционной телефонной сети на мультисервисную платформу. Оборудование для мультисервисной сети представляет собой сложную систему, но сегодня на рынке уже представлены весьма разнообразные технические решения для сетей нового поколения, так что техническая реализация не является проблемой. При построении сети NGN необходимо, прежде всего, выбрать три ее составляющие: транспорт, программный коммутатор и оборудование доступа.

Операторы связи выделяют следующие приоритеты развития и модернизации своих сетей:

- внедрение новых технологий и их реализация должны соответствовать целевой модели NGN-сетей;
- применение новых технологий должно принципиально изменить подходы к развертыванию и эксплуатации сетей связи;
- должна произойти интеграция телекоммуникационных сетей связи в единое инфокоммуникационное пространство.

Потребность в широкополосном доступе возрастает не только в кабельных, но и в беспроводных сетях, в том числе среди пользователей сотовых сетей связи. Однако пропускная способность этих сетей весьма ограничена, поскольку оборудование этого сегмента глобальной сети работает в диапазоне

					11070006.11.03.02.667.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		3

от 1,3 до 42 ГГц (частота радионесущей). Сети сотовой связи играют значительную и более возрастающую роль в структуре глобальной беспроводной сети, но в силу указанных ограничений по пропускной способности они не могут обеспечить удовлетворение потребностей в широкополосном доступе при одновременном наращивании числа абонентов. Эта задача успешно решается с помощью кабельной телекоммуникационной сети на основе волоконно-оптических технологий.

АТС-33 города Белгорода предоставляет услуги телефонии и доступ в Интернет с использованием технологии абонентского доступа ADSL по существующим медным кабелям. В дипломном проекте рассматривается микрорайон в пределах улицы Гостенской, Народного бульвара, улицы 50-летия Белгородской области и улицы Победы, в котором обслуживаются 522 абонентов, что составляет 30% от общего количества жителей.

В связи с имеющимся спросом абонентов на предоставление качественных мультисервисных услуг и с необходимостью расширения емкости сети, целесообразно спроектировать новую сеть связи в зоне действия АТС-33. Сеть будет реализована на основе оптических линий, которые позволят обеспечить высокоскоростной доступ к сети Интернет, высококачественные мультисервисные услуги. При этом можно отказаться от необходимости создания многочисленных вторичных сетей, и внедрить новые услуги с различными требованиями к объему передаваемой информации и качеству ее передачи. Кроме того, Оператор связи станет более высоко конкурентным, что приведет к выгодным результатам.

Для достижения такой цели необходимо будет провести анализ существующей сети связи, расчет общей нагрузки сети, предложить варианты построения новой оптической сети связи с использованием современных технологий абонентского доступа, выбрать оборудование, рассчитать смету затрат на реализацию проекта.

					11070006.11.03.02.667.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		4

1 АНАЛИЗ ВАРИАНТОВ ПРЕДОСТАВЛЕНИЯ МУЛЬТИСЕРВИСНЫХ УСЛУГ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ АБОНЕНТСКОГО ДОСТУПА.

1.1 Анализ вариантов построения мультисервисных сетей.

На сегодняшний день телекоммуникационным Операторам приходится удовлетворять потребности клиентов в передаче разнообразного трафика и предоставлении большого спектра услуг. Среди них наиболее востребованными являются:

- передача традиционного трафика телефонии;
- организация доступа в Интернет и передача трафика Интернет по магистральным каналам;
- передача трафика корпоративных сетей, объединение локальных сетей;
- организация видеоконференций и передача трафика IP-телефонии.

Между тем, каналы передачи данных, подходящие для предоставления одной услуги, не всегда подходят для предоставления другой. Увеличение объемов предоставляемых услуг заставляет операторов и провайдеров параллельно развивать несколько различных сетей. Это требует больших затрат и часто сопряжено со значительными техническими трудностями.

В то же время существенно возросла конкуренция между операторами и Интернет-провайдерами, предоставляющими эти услуги.

В последнее время все большую популярность приобретают мультисервисные сети.

Мультисервисная сеть - это инфраструктура, использующая единый канал для передачи данных разных типов трафика. Она позволяет уменьшить разнообразие типов оборудования, применять единые стандарты и единую кабельную систему, централизованно управлять коммуникационной средой для предоставления наиболее полного спектра услуг.

					11070006.11.03.02.667.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		5

Проектирование мультисервисной сети начинается с определения видов предоставляемых услуг. В первую очередь необходимо решить, какие услуги будет предоставлять оператор, оценить соотношение различных видов трафика на текущий момент и спрогнозировать ситуацию на ближайшую перспективу.

После этого можно приступать к выбору технологий, на которых будет строиться сеть.

Описание видов магистральных сетевых технологий

Современная транспортная магистраль должна отвечать следующим требованиям:

- масштабируемость, обеспечение развития сети с учетом возможного значительного роста;
- высокая скорость передачи данных;
- управляемость;
- надежность и возможность резервирования;
- безопасность информации;
- обеспечение требуемой полосы пропускания;
- обеспечение требуемого качества обслуживания клиентов.

Важной характеристикой магистрали является ее протяженность. Очевидно, что оптический кабель является наиболее предпочтительной средой передачи для таких сетей. Впрочем, в некоторых случаях, возможно, более эффективно будет использование радиорелейных и инфракрасных линий.

При выборе технологии и вариантов построения сети особое внимание необходимо уделить экономической эффективности. Ее можно оценить, исходя из стоимости решения на единицу передаваемой информации.

Базовыми магистральными технологиями на сегодняшний день являются следующие технологии:

- DWDM
- SDH

					11070006.11.03.02.667.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		6

- ATM
- POS (Packet Over SONET)
- DPT (Dynamic Packet Transport - реализованная Cisco Systems

технология RPR)

- Fast/Gigabit/10G Ethernet

1.2 Описание видов технологий абонентского доступа

В сеть доступа инвестируется от 50% до 80% средств, поэтому правильный выбор технологий и вариантов построения сети чрезвычайно важен. Ниже перечислены факторы, влияющие на выбор той или иной технологии абонентского доступа:

- Стоимость подключения в расчете на одного абонента.
- Простота подключения - фактор, определяющий доступность подключения для абонентов, быстроту подключения абонентов.
- Достаточная для абонента полоса пропускания или скорость передачи данных.
- Обеспечение требуемого качества обслуживания клиентов.
- Существующая кабельная инфраструктура - коаксиальный кабель, витая пара, телефонная проводка, оптическое волокно и т. д.

Если сеть доступа разворачивается на участках, где невозможно использовать существующую кабельную инфраструктуру, нужно думать о выборе технологии "последней мили". В проекте необходимо принять решение: прокладывать новый медный кабель или же сразу ориентироваться на оптоволокно? Позволяет ли рельеф местности или погодные условия организовать надежный беспроводной доступ? Как и куда придется прокладывать новый кабель? В зависимости от ответов на эти и многие другие вопросы будет выбрана одна из следующих технологий доступа:

- PON (пассивные оптические сети: GPON, APON, BPON)

					11070006.11.03.02.667.ПЗВКР	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		7

- HFC (гибридные волоконно-коаксиальные сети, кабельные модемы)
- Ethernet/Fast Ethernet/Giga Ethernet с использованием оптических кабелей.

Типовое решение по построению мультисервисной сети

Выбор технологий для магистрали и сети доступа зависит от конкретных условий и определяется целым рядом факторов - таких, как преобладающий тип трафика, существующая кабельная инфраструктура и возможность её развития, уже эксплуатируемое оборудование и другие.

Однако в последнее время для магистрали все чаще используется Gigabit (10G) Ethernet, а для сети доступа - xDSL.

Популярность этих технологий объясняется их следующими достоинствами:

- Относительно низкая стоимость оборудования.
- Высокая пропускная способность: 1 (или 10) Гбит/с (Gigabit Ethernet) в транспортной магистрали и 8 Мбит/с (ADSL), 50 Мбит/с (VDSL) в сети доступа.
 - Возможность использования существующей кабельной инфраструктуры в сети доступа.
 - Высокая степень интеграции с существующими клиентскими сетями.
 - Подобное решение позволяет предоставлять наиболее востребованные на рынке услуги:
 - Доступ в Интернет для частных лиц и организаций по выделенным линиям.
 - Организация IP VPN для объединения малых и средних офисов и филиалов.
 - Организация IP-телефонии для частных лиц и организаций.
 - Передача видеoinформации.

					11070006.11.03.02.667.ПЗВКР	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		8

Схема построения мультисервисной сети представлена на рисунке 1.1.

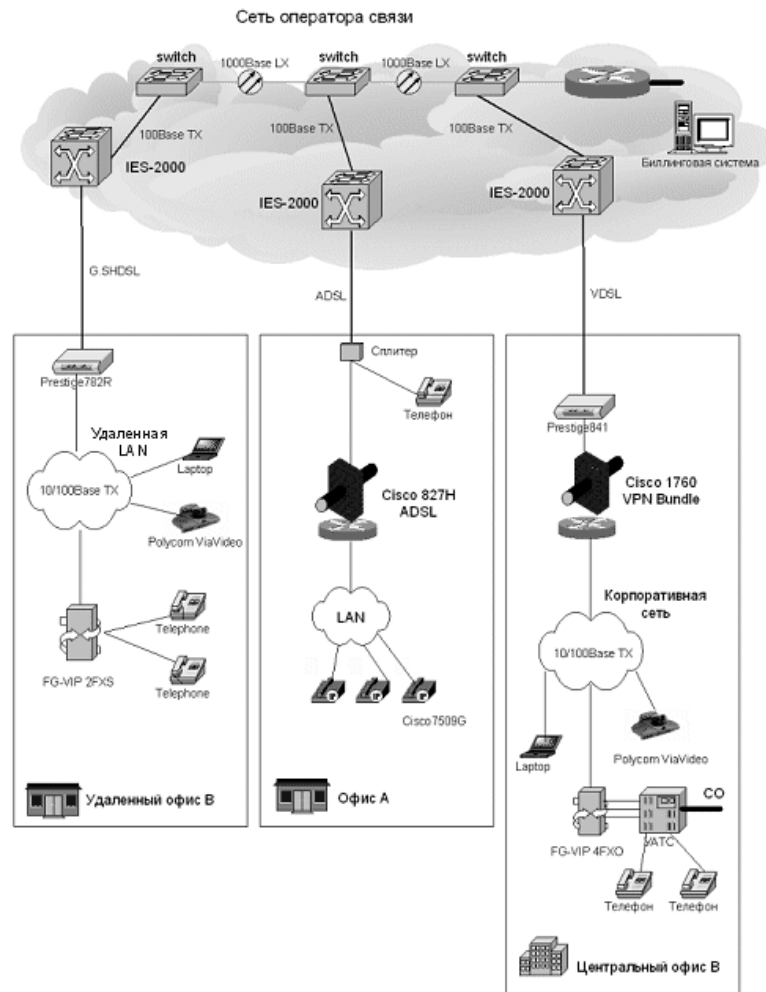


Рисунок 1.1 - Схема организации распределённой мультисервисной сети

Магистральная часть данного решения реализована на управляемых коммутаторах с оптическими гигабитными интерфейсами, что обеспечивает высокую пропускную способность.

Доступ по выделенной линии организуется на базе DSL концентраторов ZyXEL IES-[2000/3000](#). Концентраторы этой линейки имеют встроенный управляемый коммутатор L2 с поддержкой технологий приоритетов, очередей и виртуальных сетей IEEE 802.1q/p, прозрачных для любых сетевых протоколов LAN Ethernet.

В качестве абонентских устройств применяются DSL модемы ZyXEL Prestige. Они могут работать как мосты или маршрутизаторы с поддержкой SUA (определенный вариант NAT), поддерживают до 8 PVC с регулировкой полосы пропускания и политиками маршрутизации. На LAN интерфейсе

поддерживается до 3-х IP сетей (Aliases). Поддержка SUA и настраиваемых пакетных фильтров уровней 2 и 3 позволяет использовать данные устройства в качестве Firewall для небольших сетей.

Клиентский трафик собирается с помощью магистральных управляемых коммутаторов уровня 2-4, например, Cisco Catalyst 2950. При этом с трафиком от различных клиентов могут быть проведены следующие манипуляции:

Трафик может быть разделен с помощью технологии VLAN IEEE 802.1q поддерживаемой оборудованием Catalyst 2950, DSLAM IES-2000, Prestige 782R и Prestige 842.

Трафик, помеченный метками QoS, может быть классифицирован на 2, 3 и 4 уровнях, после чего к нему может быть применена определенная политика QoS.

Скорость каждого порта Ethernet может регулироваться с шагом 1 Мбит/с.

Агрегированный трафик проходит через центральный маршрутизатор. Для клиентов его интерфейсы являются шлюзами в Интернет. Трафик каждого клиента, прошедший через шлюз, учитывается, и данные о нем поступают в биллинговую систему.

В качестве центрального маршрутизатора целесообразно использовать модульные маршрутизаторы повышенной производительности - такие, как Cisco 7204 VXR или 7206VXR - с поддержкой широкого спектра сред передачи данных, горячей замены интерфейсных модулей и дополнительного источника питания. Выбор конкретной модели зависит от ширины канала, предоставляемого провайдером верхнего уровня, и среднего объема потребляемого клиентами трафика.

Сбор информации для тарификации может осуществляться несколькими способами:

- Сбор статистики трафика через VLAN Sub-интерфейсы маршрутизатора. В этом случае трафик от различных абонентов маркируется метками 802.1q и идентифицируется на маршрутизаторе.

					11070006.11.03.02.667.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		10

- С помощью программного обеспечения, совместимого с Radius (как в случае dial-up подключения). При этом модем Prestige 645 соединяется с маршрутизатором по протоколу PPPoE.

- С помощью протокола SNMP. В этом случае Биллинговая система может собирать информацию от объектов, содержащих статистику по переданным кадрам и пакетам.

Объединение телефонных сетей и сетей передачи данных приводит к появлению нового класса операторов, которые предоставляют услуги интегрированного широкополосного доступа непосредственно абоненту.

Архитектуру таких сетей можно представить в виде многоуровневой модели, в рамках которой абоненты получают доступ к магистрали с помощью различных технологий абонентского и сетевого доступа. При этом тенденция развития сетей такова, что средства и системы широкополосного доступа мигрируют из области сетевого, по сути корпоративного, доступа в область абонентского.

Совершенно очевидно, что подобного рода тенденция сохранится в дальнейшем и приведет к изменению не только качества предоставляемых услуг, но и самих средств абонентского доступа. Используются абонентские устройства интегрированного доступа (IAD). Они обеспечивают абоненту качественно другой уровень привычного сервиса и прежде всего передачу данных со скоростью 2, 8 и 11 Мбит/с. Кроме того, IAD предоставляют возможность использования в роли абонентского терминала обычный ПК, телефон и факс, что в свою очередь повышает привлекательность этих средств доступа.

Универсальность этих устройств, а также систем интегрированного широкополосного абонентского доступа с IAD позволяет использовать их и для работы операторов, и для организации корпоративного сетевого доступа.

Так как услуги, предоставляемые с помощью таких систем, имеют массовый характер, то средой передачи служат либо медные телефонные провода, либо радиоэфир, будучи самыми доступными средствами.

Использование в этом качестве сетей кабельного телевидения ограничено из-за их слабого распространения в России, однако используется некоторыми локальными кабельными операторами.

Системы абонентского DSL-доступа

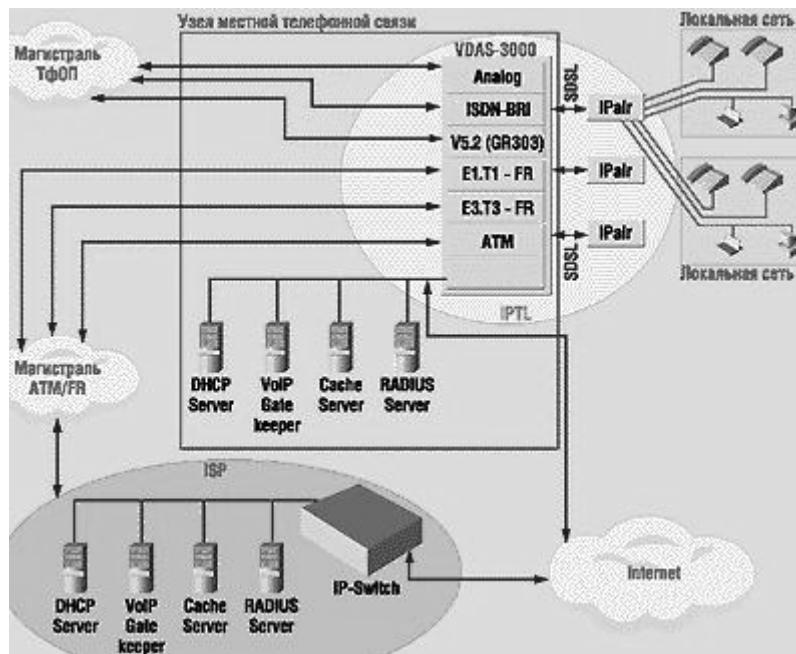
Средства и системы, ориентированные на медно-кабельную инфраструктуру телефонных операторов, используют технологию DSL-доступа: HDSL, SDSL, ADSL, ADSL2+ и ее облегченную версию G.lite. [1]

В России представлено несколько производителей подобного рода систем: Orckit, PairGain, RADWIZ (последнюю компанию недавно приобрела американская фирма Terayon) и др. В упомянутых системах имеются мультиплексор доступа DSLAM (центральное устройство) и абонентская часть. В системах Orckit FastInternet и PairGain AVIDIA абонентская часть представлена прежде всего DSL-модемами, в то время как у RADWIZ абонентское устройство IPair полностью соответствует концепции IAD и состоит из SDSL-модема, PCM-преобразователя и полнофункционального маршрутизатора, объединенных в одно устройство.

Используемая в системах FastInternet и AVIDIA технология передачи абонентского трафика ТфОП путем частотного разделения речи и данных в ADSL-линии позволяет подключить на стороне абонента один телефон. Технология SDSL, использующая временное разделение речи и данных, допускает подключение группы телефонных абонентов. Симметричный режим работы позволяет говорить о большей пригодности технологии SDSL для организации группового (корпоративного) доступа. Однако снижение стоимости абонентских устройств и преобладание на российском рынке корпоративного пользователя дают повод рекомендовать SDSL-доступ для массового применения в качестве средства интеграции традиционных телефонных сетей в сети передачи данных и наоборот. SDSL отмирает- ему на смену пришел SHDSL.

					11070006.11.03.02.667.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		12

- Система IPTL (IP To the Loop) RADWIZ предназначена для удаленного доступа с интеграцией услуг связи. Она одновременно обеспечивает абонентам как телефонную связь, так и передачу данных по одной выделенной паре медных проводов (см. рис. 1.2).



- **Рисунок 1.2 – IPTL телекоммуникационной инфраструктуры**

- С помощью системы IPTL абонент может подключить к Internet или каким-либо локальным сетям с симметричной скоростью передачи до 2 Мбит/с одну или две полностью маршрутизируемые локальные сети IP/IPX (10BaseT), воспользоваться двумя/четырьмя аналоговыми телефонными линиями FXS или двумя интерфейсами ISDN BRI, а также комбинацией услуг телефонии и передачи данных с новыми сервисами (например, VoIP).

- Система состоит из DSLAM или DSL-концентратора VDAS-3000/300 и абонентского устройства IPair.

Абонентская часть системы — устройство IPair — не нуждается в настройке со стороны абонента. IPair соединяется с центральным офисом по выделенной линии и по ней же получает электропитание. Его управление и настройка осуществляются с центрального узла связи, без выезда специалиста. Дистанционное управление облегчает решение и других традиционных задач,

таких как маршрутизация и выделение IP-адресов. Возможна также настройка IPair на месте через встроенный терминальный порт.

Недостаток технологии семейства xDSL в том, что процент проникновения не должен превышать 25, т.к. это приведет к ухудшению показателей качества, увеличению взаимных влияний в кабелях и уменьшению скорости передачи информации. Следовательно, в данном проекте принято решение рассмотреть еще вариант реализации сети абонентского доступа на базе протокола **Ethernet (UTP)** – прокладка оптоволоконных кабелей на транспортном уровне и на участке от АТС до дома. А по дому используются медные кабели с технологией семейства xDSL или Ethernet.

Широкополосная сеть общего пользования должна поддерживать разделение трафика, дифференцированное обслуживание (качество обслуживания — QoS), многоадресные рассылки, быть защищенной, устойчивой в работе и иметь программные средства управления для эффективной эксплуатации и обслуживания.

Механизмы разделения трафика предотвращают возможность перехвата одними пользователями трафика других пользователей. Кроме того, благодаря этим механизмам обеспечивается разделение сервисов и трафика, разных сервис-провайдеров, а оператор получает возможность контролировать, кто с кем общается по сети, и соответственно гарантировать, что использовать ресурсы сети будут только авторизованные абоненты.

Алгоритмы QoS позволяют разделять услуги, например, на чувствительные и устойчивые к задержкам и потерям пакетов. Чувствительные и высокооплачиваемые сервисы могут получить приоритет в обслуживании, что позволит им нормально функционировать даже в условиях пиковой нагрузки на сеть.

В настоящее время единственным экономически оправданным способом доставки теле- и радиопрограмм по широкополосным сетям. является многоадресная рассылка, когда единый поток трафика подводится по сети

					11070006.11.03.02.667.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		14

максимально близко к адресатам и затем дублируется и доставляется многочисленным конечным пользователям.

Обеспечение высоких эксплуатационных показателей работы сети очень важно для операторов, поскольку перерывы в функционировании сети — это упущенная прибыль. Отказоустойчивость сети важна и для выполнения условий сервисных соглашений (SLA), поддержания хорошей репутации и предотвращения оттока клиентов.

В сети Ethernet, построенной с использованием концентраторов, только одно устройство может передавать или принимать данные в конкретный момент времени и все устройства ЛВС конкурируют за доступ к среде передачи. В такой сети в лучшем случае используется только 40% доступной полосы пропускания.

Для использования Ethernet в масштабе АТС-33, концентраторы уже не подходят — необходимы коммутаторы. Коммутаторы Ethernet анализируют и обрабатывают пакеты с учетом их приоритетов, а не просто дублируют сигналы во все свои порты. На коммутаторах составляется карта Ethernet-адресов сетевых узлов и обеспечивается прохождение только соответствующего трафика. Не менее важно и то, что использование коммутаторов способствует значительному росту производительности сети Ethernet и позволяет сегментировать ее на несколько широковещательных доменов.

Имеющие доступ к одним и тем же сервисным виртуальным локальным сетям ВЛВС пользователи фактически находятся в одном широковещательном домене. При этом нередко возникают следующие проблемы: во-первых, пользователи могут устанавливать одноранговые соединения на уровне 2, минуя сервер широкополосного удаленного доступа (BRAS), который контролирует доступ, содержит фильтры безопасности, собирает информацию для биллинга, распределяет ресурсы; во-вторых, злонамеренный пользователь может осуществлять специфические атаки (на уровне 2) на системы других пользователей.

Для устранения этих проблем компания Ericsson в своем решении Public Ethernet реализовала следующий механизм. Как известно, взаимодействие

					11070006.11.03.02.667.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		15

между устройствами конечных пользователей на уровне 2 требует знания адресов этого уровня (MAC-адреса). Устройства узнают необходимые MAC-адреса с помощью запросов протокола ARP (Address Resolution Protocol). Чтобы не допустить “однорангового общения” конечных пользователей и направить весь поток данных от них к серверу BRAS, на узле доступа Ethernet применяется механизм принудительной переадресации. Сервер-посредник ARP в составе узла доступа не позволяет пользователям отправлять в сеть широковещательные запросы, выдавая в ответ только MAC-адрес сервера BRAS. Такая схема гарантирует, что устройство конечного пользователя всегда будет получать адрес сервера BRAS (а не адреса других пользователей) и весь трафик конечных пользователей пойдет через него. Поток данных от пользователей, которые будут пытаться нарушить это правило, блокируется.

В случае доступа по протоколу PPP создается туннель PPP over Ethernet (PPPoE) между устройством пользователя и сервером BRAS. Поэтому два пользователя тоже не смогут напрямую связаться на уровне 2.

Спецификация IEEE 802.1p, являющаяся частью стандарта IEEE 802.1Q, определяет биты приоритета, используемые для обеспечения качества обслуживания в сетях Ethernet. Всего предусмотрено восемь уровней приоритета, которые можно назначить ВЛВС. Если в сети возникает перегрузка, коммутаторы Ethernet сначала сбрасывают кадры, имеющие меньший приоритет. Применяя правила сглаживания (shaping) или срезания (policing) всплесков трафика, можно определить максимальную и минимальную пропускную способность для ВЛВС или конкретного пользователя.

Алгоритмы сглаживания буферизуют трафик с целью компенсации его резких изменений; таким образом, скорость потока выравнивается на том уровне, который определен для конкретной ВЛВС. Это позволяет снизить потери трафика, но приводит к дополнительным задержкам.

Срезание всплесков трафика означает, что, как только скорость поступления трафика подходит к пределу, определенному для данной ВЛВС, пакеты начинают сбрасываться. Потери трафика увеличиваются, но для трафика,

					11070006.11.03.02.667.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		16

не выходящего за пределы пропускной способности, гарантируются низкие задержка и джиттер. Эта схема оптимальна для передачи голоса по IP (VoIP) и видеотрафика.

Сочетание алгоритма IEEE 802.1p с механизмами сглаживания или срезания трафика позволяет гарантировать пользователям ВЛВС определенные параметры QoS. Когда трафик конечного пользователя достигает магистральной IP-сети (сервера BRAS или пограничного маршрутизатора), различные приоритеты IEEE 802.1p преобразуются в классы DiffServ или экспериментальные биты MPLS для того, чтобы сохранялась приоритетность трафика при его маршрутизации в магистральной IP-сети.

Один из методов идентификации пользователей в сети — по их MAC-адресам. Однако ему присущи некоторые серьезные недостатки — например, бывает трудно проконтролировать, действительно ли тот или иной MAC-адрес принадлежит конкретному пользователю; пользователи могут легко изменять свои MAC-адреса; несколько устройств с одинаковыми MAC-адресами могут появиться в сети доступа Ethernet — либо намеренно (спуфинг), либо случайно.

Для предотвращения подобных проблем в решении Public Ethernet используются виртуальные MAC-адреса. На узле доступа Ethernet MAC-адрес конечного пользователя преобразуется в уникальный, локально генерируемый MAC-адрес (виртуальный MAC-адрес). Он служит в сети доступа “псевдонимом” MAC-адреса пользователя. Алгоритм, используемый для генерирования виртуальных MAC-адресов, идентифицирует порт и логическое соединение с конечным пользователем. Соответственно виртуальный MAC-адрес, который неподконтролен пользователю, точно идентифицирует источник потока данных. Кроме того, эта функция позволяет оператору защищать сеть от злонамеренных пользователей, блокируя их попытки широковещательно передавать в сеть множество MAC-адресов с целью вызвать перегрузку адресных таблиц коммутаторов Ethernet.

Операторы, применяющие для назначения пользователям IP-адресов протокол DHCP, могут расширить эту функцию за счет опции 82 (DHCP option

					11070006.11.03.02.667.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		17

82). При запросе пользователем IP-адреса узел доступа Ethernet находит запросы и модифицирует их, добавляя последовательность символов, служащую для идентификации каждого пользователя. Узел доступа генерирует эту последовательность автоматически, определяя пользовательский порт, с которого поступил запрос. Также возможно, чтобы оператор сам задавал такую последовательность через свою систему управления. Затем сервер BRAS может транслировать такую информацию, как время и дата инициации/завершения сеанса связи, IP-адрес и идентификатор пользователя, в журнал RADIUS. В итоге оператор получает возможность в случае необходимости отслеживать действия пользователя.

Дополнительную защиту обеспечивают различные фильтры, устанавливаемые на узле доступа Ethernet. Например, можно задать правила обработки трафика на уровнях 2 и 3. Для предотвращения имитации (спуфинга) IP-адресов узел доступа можно настроить на прием трафика только с того IP-адреса или с той IP-подсети, которые назначены пользователю. Узел доступа узнает о назначенном IP-адресе или подсети из ответа DHCP, передаваемого с соответствующего сервера. Для пользователей со статическими IP-адресами он получает их из системы управления.

Существует несколько служб трансляции (например, телевидение и радио), одновременно передающих единый информационный поток многим пользователям. Для доставки потока данных применяются два основных способа: адресация конкретному устройству и многоадресная рассылка. В первом случае пользователь запрашивает доступ к потоку данных и поток направляется на его адрес. Несмотря на простоту организации, такое решение плохо масштабируется — представьте, что одни и те же данные приходится высылать 100 раз для 100 различных пользователей.

При таком подходе экономится пропускная способность транспортной сети и снижается нагрузка на контент-сервер, обеспечивая масштабируемое и экономичное решение по предоставлению широковещательных услуг.

					11070006.11.03.02.667.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		18

Для функционирования механизма многоадресной рассылки применяется специальный протокол IGMP, который позволяет определять группы для такой рассылки так, чтобы маршрутизатор или коммутатор мог распознать, какой трафик какому пользователю направлять. С помощью указанного протокола конечные пользователи уведомляют сеть о тех сессиях многоадресной рассылки, в которых они хотели бы участвовать. Узлы доступа Ethernet DSL и коммутаторы Ethernet в сети агрегирования отслеживают запросы IGMP с целью определения и поддержки работы групп многоадресной рассылки.

Узел доступа Ethernet также поддерживает список IGMP-групп, к которым конкретным пользователям разрешен доступ. Сервис-провайдеры могут на каждом пользовательском порте задавать ограничения — например, на подключение к IGMP-группам 1—20 (им могут соответствовать, скажем, телеканалы 1—20). Узел доступа заблокирует любые попытки пользователей выбрать IGMP-группы, доступ к которым им запрещен.

Чтобы выполнять условия сервисных соглашений и предотвращать отток клиентов, операторам необходима отказоустойчивая сеть. Для этого может использоваться резервирование аппаратных средств конкретных узлов: одни компоненты резервируются полностью, другие — частично. Создание альтернативных маршрутов для передачи трафика обеспечит избыточность сети, которая защитит от сбоев в работе определенного канала или сетевого элемента.

Применение двух оптоволоконных кабелей для соединения коммутаторов Ethernet обеспечит резервирование физического канала по схеме 1 + 1, и время переключения при аварии в этом случае составит менее 50 мкс.

В отказоустойчивых сетевых решениях также используется протокол связующего дерева быстрой сходимости (Rapid Spanning Tree). Этот протокол определен стандартом IEEE 802.1w и уже широко применяется в отрасли. Он позволяет перенаправлять пользовательский трафик (обычно за время до 5 с) через альтернативный маршрут в случае сбоя на основном маршруте. Это решение выгодно использовать при резервировании на границе сети (например, на уровне узла доступа Ethernet DSL) — там плотность коммутаторов Ethernet,

					11070006.11.03.02.667.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		19

каналов и ВЛВС невелика и в случае одиночного сбоя ущерб наносится лишь небольшой части пользователей.

Протокол автоматического защитного переключения Ethernet (Ethernet Automatic Protection Switching — EAPS), описанный в документе RFC 3619, применяется в сетях, построенных по кольцевой топологии, где главный узел перенаправляет трафик в случае аварии. Время аварийного переключения EAPS — менее 50 мс; это обеспечивает необходимый уровень устойчивости в сети агрегирования, в которой один отказ может нарушить обслуживание большого числа пользователей.

Перечисленные выше механизмы позволяют операторам строить сети Ethernet с коэффициентом доступности 99,999%.

Прежде чем операторы начнут строить свою инфраструктуру и предоставлять услуги, они должны подумать об эффективном решении по управлению телекоммуникационными системами. В нем должны быть учтены средства управления сетевыми элементами (element manager), которые обеспечивают управление обработкой отказов, конфигурацией, производительностью и управление безопасностью узлов доступа Ethernet.

Еще одно важное средство — менеджер соединений Ethernet (connection manager), обеспечивающий сквозное конфигурирование ВЛВС и сетевых ресурсов. Он должен поддерживать разнообразные типы сетевой топологии и оборудование разных производителей. Собираемые в базе данных сведения о сети и ее топологии будут полезны не только при решении задач ее текущей эксплуатации, но и при планировании будущего расширения.

Преимущества широкополосного доступа Ethernet очевидны, но далеко не все операторы могут начать строительство всей инфраструктуры “с нуля”. И компаниям с разветвленными транспортными сетями ATM и SDH необходимо найти способ использовать преимущества Ethernet. С этой целью производители телекоммуникационного оборудования предлагают ряд решений по организации взаимодействия между сетью доступа Ethernet и существующими

					11070006.11.03.02.667.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		20

транспортными технологиями. В таких решениях предусматривается, в частности, передача трафика Ethernet по сетям ATM, SDH и PDH.

Вариант реализации сети абонентского доступа на базе FTTx (Oв)- до дома FTTb

Гибридные оптико-коаксиальные сети (HFC – Hybrid Fiber Coax) строятся по трем основным технологиям (рис.1.3):

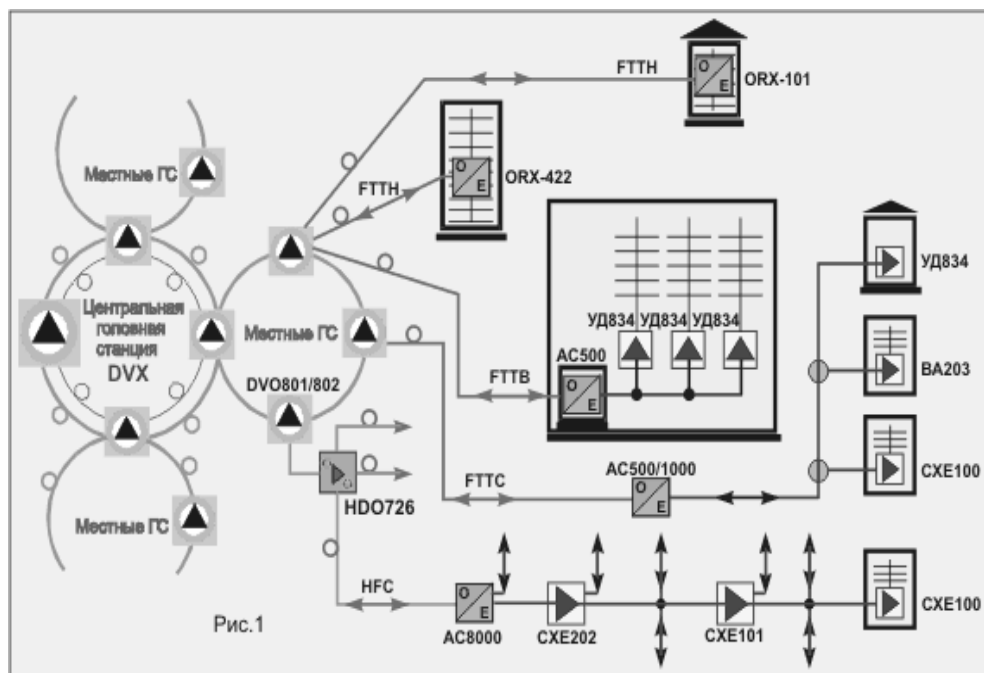


Рисунок 1.3 - Гибридная оптико-коаксиальная сеть

FTTH (Fiber To Home) – оптика до дома;

FTTB (Fiber To Building) – оптика до здания (строения);

FTTC (Fiber To Carb) – оптика до группы домов.

Под FTTH обычно понимается технология, при которой оптический приемник устанавливается у конечного индивидуального абонента. Это может быть или отдельный дом коттеджного типа, или квартира в многоэтажном блочном доме. Применительно к российским условиям эксплуатации такое решение является очень дорогостоящим, т.к. требует большого числа оптических передатчиков (цена на которые намного выше цены на оптические приемники). В связи с этим, под FTTH понимаются чисто волоконно-оптические линии связи (ВОЛС), выходы оптических узлов (ОУ) которых непосредственно (т.е. без дополнительных усилителей) связаны с абонентскими терминалами,

например, STB (Set-Top-Box) или телевизором. Очевидно, что использование технологии FTTH подразумевает под собой большее число ОУ и более протяженные ВОЛС в сравнении с любой другой технологией (FTTC или FTTB).

Технология FTTH обладает следующими отличительными особенностями:

Более высокая надежность. Действительно, все мультисервисные сети передачи данных и телевидения (МСС) построенные только с использованием оптических активных компонентов, как правило, обладают очень высокой надежностью. Важен и тот факт, что отпадает необходимость в использовании дистанционного (т.е. по коаксиальному кабелю) питания, которое часто доставляет много хлопот кабельным операторам. Более того, если предусмотреть резервные оптические волокна (ОВ) в волоконно-оптическом кабеле (ВОК), появляется возможность реализации ручного и/или автоматического резервирования как по направлениям (кольцевое резервирование), так и по жилам с минимальными затратами.

Простота переконфигурации сети за счет установки в основных узлах распределения оптических кроссовых шкафов. Перекоммутация осуществляется за счет простейшей переустановки патчкордов по соответствующим направлениям (с помощью пигтейлов). Простота построения параллельных сетей является одним из важнейших достоинств. Ведь ВОЛС представляет собой идеальную многоканальную (на физическом уровне) транспортную сеть с великолепными особенностями: сверхширокополосность, помехозащищенность от всех видов электромагнитных наводок, малые погонные потери, низкая чувствительность к температурным воздействиям, высокая защита от несанкционированного подключения и др. Наиболее часто в таких сетях услуги передачи данных (включая доступ в Internet) реализуются с использованием Ethernet технологии, как наиболее универсальной и скоростной.

Возможность отказа от реверсного канала в традиционных HFC сетях. Такая возможность появляется при наличии параллельных Ethernet сетей, которые изначально являются двунаправленными. Кстати, реализация услуг передачи данных в МСС на базе параллельных Ethernet сетей позволяет

					11070006.11.03.02.667.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		22

добиться дополнительной экономии за счет использования экономичных ОУ без передатчиков реверсного направления.

Значительное снижение шумов ингрессии в реверсном канале при условии достаточности приемников реверсного направления (Upstream). По грубой оценке можно считать, что реализуемое отношение несущая/шум C/N_H , формируемое при технологии FTTH с числом абонентов N_H , больше аналогичного C/N_C , реализуемого при FTTC с числом абонентов N_C на величину:

$$(C/N_H - C/N_C)_{[dB]} = 10 \lg \left(n \cdot \frac{N_C}{N_H} \right) \quad (1.1)$$

Здесь n – число каналов в реверсном направлении, отличающихся по частоте.

Так, для $n = 3$, $N_C = 800$ и $N_H = 100$, различие составляет 18,8 dB, что позволяет смело перейти на более высокий формат модуляции (например, с QPSK на 16 QAM или даже 64 QAM) и реализовать значительно более высокие скорости информационных потоков (в этом случае в два раза) при прочих равных условиях.

Более высокие скорости цифровых потоков в реверсном направлении при неизменном числе частотных каналов обязаны исключительно числу upstream-приемников, устанавливаемых в составе головной станции кабельных модемов (CMTS). Иными словами, если при FTTC технологии наращивание числа upstream-приемников не имело практического смысла в силу значительной величины C/N_C , то при FTTH технологии имеет явный смысл наращивания таких приемников. Более того, такие приемники могут уже работать как при смешанной оптической технологии на одной частоте, так и при классической технологии (upstream-приемник на кластер или сегмент) на нескольких частотах.

Простота реализации новых цифровых технологий, накладываемых на уже существующие FTTH сети. Классическим примером может служить новая перспективная технология EtoH (Ethernet to the Home), разработанная компанией Teleste (Финляндия) и получающая все большее и большее распространение по

					11070006.11.03.02.667.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		23

всему миру. Упрощенная схема задействия такой технологии применительно к FTTH показана на рис.1.4. Технология FTTH, при более низких затратах, в сравнении с DOCSIS, позволяет достичь скорости в 100 Мбит/с в прямом и реверсном направлениях при быстром развертывании Internet, VoIP, IPTV и др. Весьма важным является тот факт, что быстрое развертывание технологии FTTH возможно даже на весьма устаревших сетях, работающих до 240 МГц, что выгодно отличает ее от других предлагаемых технологий.

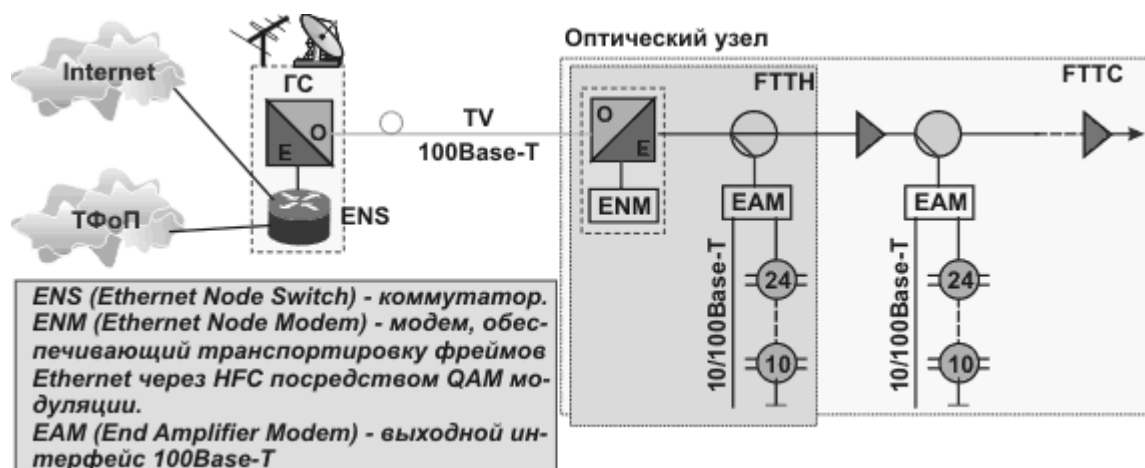


Рисунок 1.4 - Упрощенная схема технология ETTN

Высокая энергетическая нагрузка в части реализуемых значений по CSO / СТВ (интермодуляционные искажения второго и третьего порядков) и C/N.

Действительно, структурно любую МСС в общем случае можно условно разделить на функциональные зоны, отличающиеся физическими особенностями, а также спецификой расчета и построения (рис.1.5). При этом некоторые из функциональных зон могут отсутствовать (например, вторичная ВОЛС, вторичная головная станция – ВГС или цифровая транспортная магистраль).

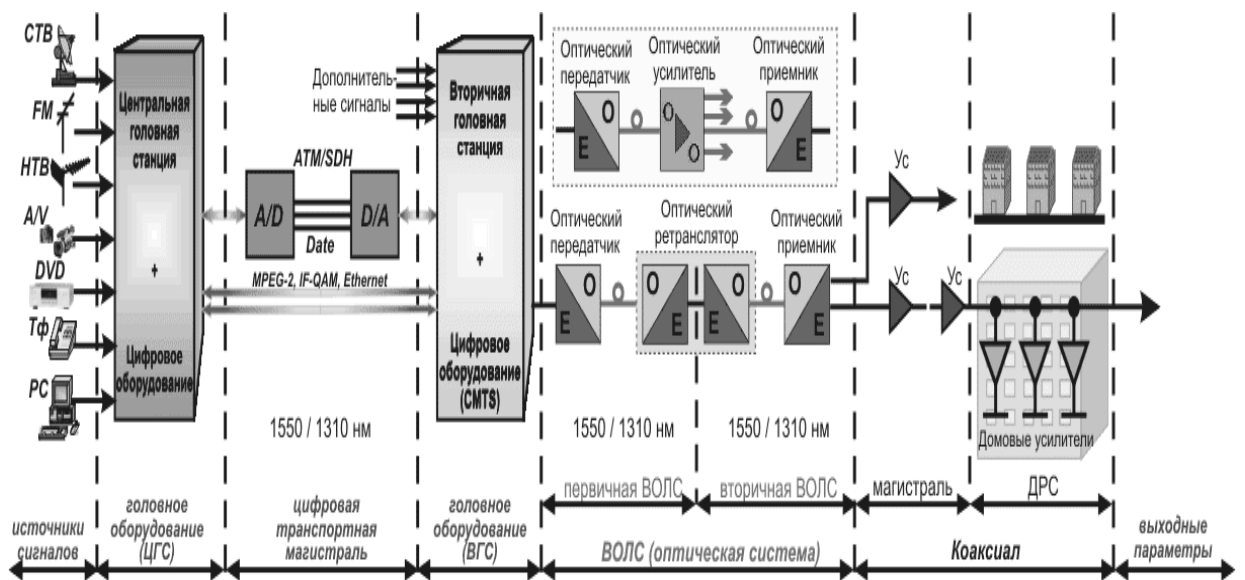


Рисунок 1.5 – Функциональные зоны МСС.

При этом требования к любой из функциональных зон в первую очередь формируются исходя из экономической целесообразности с учетом топологических особенностей и структурного построения МСС. Так, например, для FTTC технологии на каждый магистральный усилитель обычно приходится до 4...8 домовых усилителей (таб. 1.1). Следовательно, большая часть финансовых затрат на коаксиальные кластера будет складываться из стоимости домовых усилителей. В силу этого, именно на них целесообразно перенести максимальную энергетическую нагрузку МСС (с целью их минимизации, т.к. при повышенном выходном уровне усилитель способен будет обслуживать большее число абонентов). Точно также обстоит дело и с технологией FTTH, в которой основные финансовые затраты будут определяться уже стоимостью ОУ.

Таблица 1.1 – Типовые решения к составляющим МСС

Типовые требования к составляющим МСС для технологии FTTC							
BER	$10^{-12} \dots 10^{-10}$	$<10^{-9}$	$<10^{-8}$	$<10^{-9}$	$<10^{-8}$	$\leq 10^{-7} \dots 10^{-4}$	
C/N, dB	60...76	64...77	54...66	47...52	51...56	55...60	$\geq 43 \dots 44$
CSO, dB	95...100	-	85...95	62...68	63...68	58...64	$\geq 54 \dots 57$
CTB, dB	95...105	-	90...100	64...72	64...72	58...64	$\geq 54 \dots 57$
Типовые требования к составляющим МСС для технологии FTTH							
BER	$10^{-12} \dots 10^{-10}$	$<10^{-9}$	$<10^{-8}$			$\leq 10^{-7} \dots 10^{-4}$	
C/N, dB	60...76	64...77	54...66	44...45		$\geq 43 \dots 44$	
CSO, dB	95...100	-	85...95	54...58		$\geq 54 \dots 57$	
CTB, dB	95...105	-	90...100	54...58		$\geq 54 \dots 57$	

Не вдаваясь в математический анализ, можно сформулировать следующие выводы и рекомендации:

Сети с FTTH технологией несколько дороже аналогичных сетей с FTTC технологией. Разница в ценовой политике обычно составляет порядка 10-30 %.

Без учета стоимости дополнительного оборудования для предоставления услуг по передаче данных и правильного выбора оборудования по ценовой политике с учетом специфики структуры FTTH сети, разница в суммарной стоимости может быть сведена к нулю.

Сети построенные по технологии FTTB близки по своим особенностям к FTTH сетям, однако несколько дешевле FTTH сетей и дороже FTTC сетей.

Сети построенные по технологии FTTH за счет прокладываемой многожильной оптики допускают одновременное наложение перспективных высокоскоростных универсальных Ethernet сетей.

Вновь строящиеся сети целесообразно сразу строить по технологии FTTH с последующим их наращиванием до параллельных сетей.

Для операторов, уже эксплуатирующих НФС классическую сеть, не имеет смысла бросаться к тотальной перестройке своей сети до технологии FTTH. Логичнее действовать поэтапно, подтягивая оптику ближе к абоненту, но при этом сразу резервировать ОВ под будущие перспективные цифровые технологии. Этот вариант является более подходящим для АТС-33.

Необходимо провести технико-экономическое обоснование и выдать рекомендацию по внедрению одной из рассматриваемых технологий.

2 АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ СУЩЕСТВУЮЩЕЙ СЕТИ СВЯЗИ.

2.1 Описание существующей DSL-сети абонентского доступа

Принцип работы DSL-сети абонентского доступа, которая обслуживает 30% абонентов АТС-33 мультисервисными услугами показан на рисунке 2.1



Рисунок 2.1 – Принцип работы DSL-сети абонентского доступа АТС-33

В автозале АТС-33 стоит оборудование DSL (сплиттер), в котором осуществляется кроссирование высокочастотных сигналов и частотное разделение. Со стороны пользователя стоит модем и соответственно частотный разделитель, который осуществляет распределение сигналов в зависимости от какого вида передаваемых услуг (телефония, видео или передача данных). Скорость нисходящего потока – 8 Мб/с, скорость восходящего потока – 640 Кб/с.

Для обеспечения телекоммуникационными услугами применялись два метода построения сети абонентского доступа от АТС-33 (см. рис.2.2), которые легли в дальнейшем в основу сети DSL: шкафной и безшкафной методы.

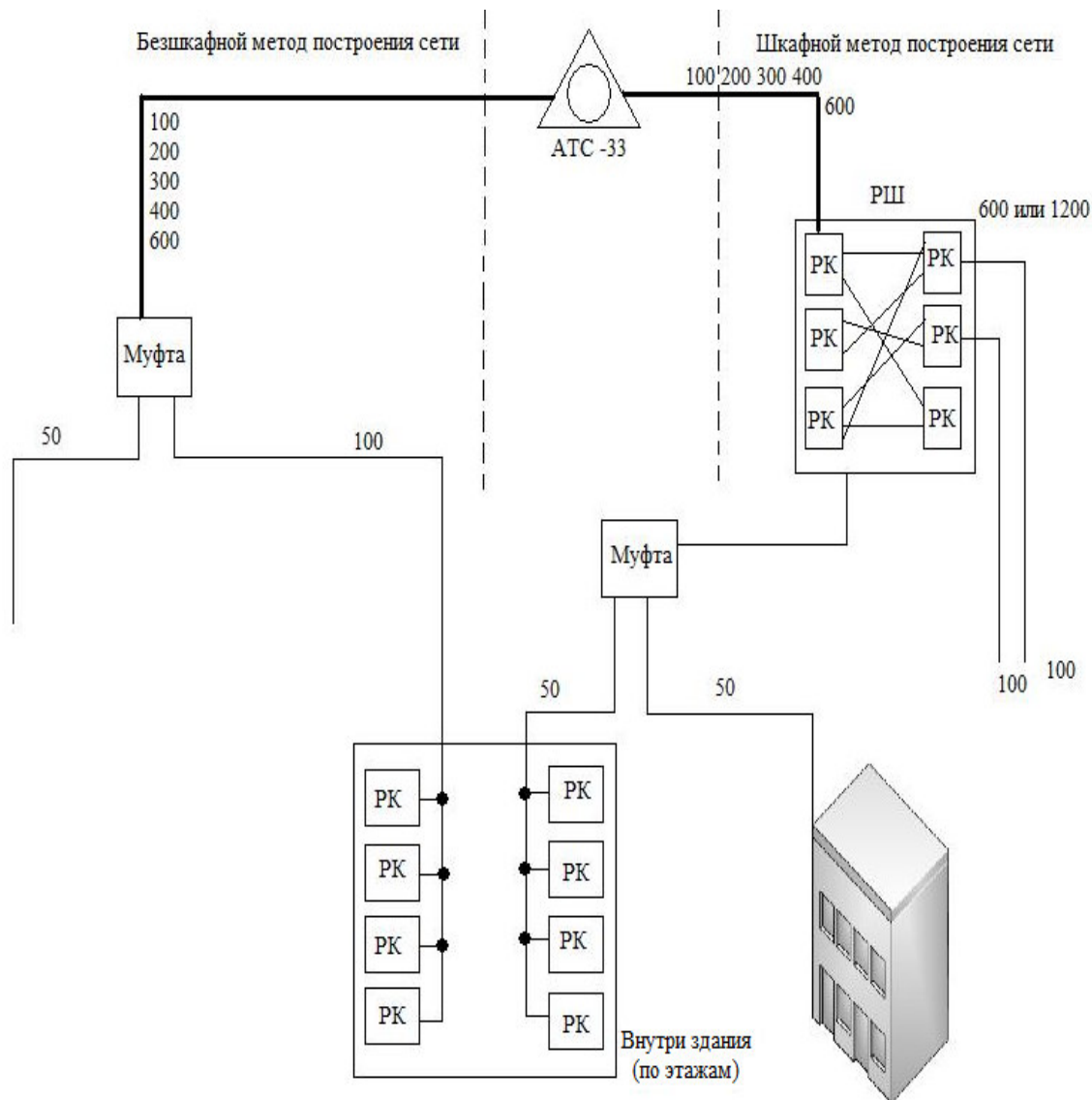


Рисунок 2.2 – Распределительная сеть DSL

- Шкафной метод:** от АТС-33 выходят 100-, 200-, 300-, 400-, 600-парные кабели до распределительных шкафов, где осуществляется кроссирование по распределительным коробкам. Отсюда выходят 100-парные кабели до муфт. После муфты разводятся в 50,30,20,10-парные кабели до зданий, где разводятся по этажам на 10-парные коробки. Этот вариант более гибкий и начинали его применять в начальном этапе телефонизации города, когда неизвестно было сколько абонентов будут подключаться к услуге
- Безшкафной метод:** после появления необходимости в сто процентной телефонизации города, приходилось применять безшкафной

вариант построения для охвата остальных зданий в зоне действия АТС-33, прокладываемая 100-, 200-, 300-, 400-, 600- парные кабели сразу до муфт и отсюда разводя на 50-парные кабели до распределительных коробок в зданиях.

2.2 Анализ требований технического задания.

Для данного проекта выбираются кварталы микрорайона, расположенного в пределах улицы Гостенской, Народного бульвара, улицы 50-летия Белгородской области и улицы Победы города Белгорода, как наиболее перспективные в зоне действия АТС-33. Для построения данной сети было принято решение применять топологию «звезда», которая считается более подходящей и надежной для этого участка города, с использованием технологии семейства xDSL для предоставления мультисервисных услуг для 30% квартир из общего количества квартир в данном участке. Архитектура сети представляет собой несколько колец (большинство из них не завершены), в других местах области (Строитель, Шебекино, Короча) показаны ответвления на кольца зонной сети связи, т.е. на областные кольца. Сеть xDSL проложена по каналам телефонной канализации.

АТС-33 является центральным узлом мультисервисной сети связи города Белгорода как показано на рисунке 2.3

					11070006.11.03.02.667.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		29

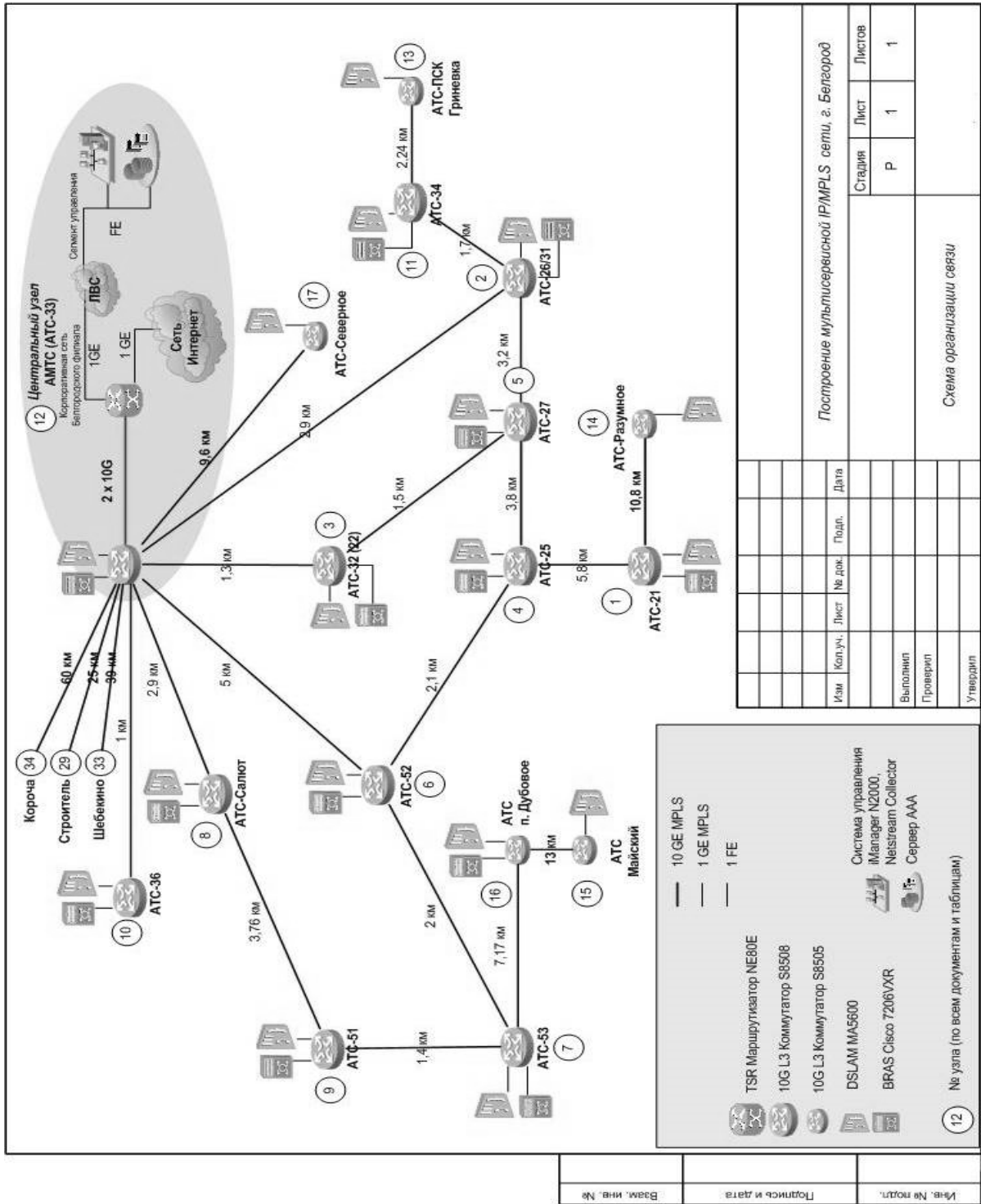


Рисунок 2.3 – Магистральная мультисервисная сеть г. Белгорода

Одним из направлений эволюции коммутационной техники современных городских телефонных сетей можно считать увеличение абонентской емкости АТС т.к., на базе таких станций большой емкости могут также создаваться транзитные узлы с высокой пропускной способностью, обеспечивающие подключение до 240000 цифровых трактов Е1. С ростом абонентской емкости увеличивается так называемый пристанционный участок, что приводит к повышению расходов на создание абонентских сетей. Использование на абонентском участке оптических кабелей и установка выносных абонентских модулей (концентраторов абонентской нагрузки) суммарной емкостью до 100% емкости АТС приводит к снижению затрат на развертывание абонентской сети.

Внедрение современных технологий в телекоммуникациях ведет к развитию единой сети связи, которая будет состоять, скорее всего, из трех структурных компонентов: сети абонентского доступа, узлов доступа и магистральной сети.

Сеть абонентского доступа (Access Network) - это участок сети между оборудованием пользователя (сетевым окончанием) и узлом доступа, например, АТС-33.

В качестве интерфейсов для подключения сети доступа к АТС-33 используются обычные 2-проводные аналоговые абонентские линии (АЛ), фирменные или стандартизированные интерфейсы V5.1; V5.2 (семейство узкополосных интерфейсов) или VBS.x (семейство широкополосных интерфейсов). Стандартные интерфейсы были разработаны для подключения к коммутационным станциям оборудования доступа разных производителей, передающего различные типы трафика (речь, данные, видео).

Интерфейс V5 представляет собой один или несколько цифровых трактов 2048 кбит/с.

Интерфейс V5.1 позволяет подключить к АТС-33 по одному цифровому тракту до 30 аналоговых АЛ или В-каналов (то есть до 15 портов BRA ISDN без

					11070006.11.03.02.667.ПЗВКР	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		31

концентрации нагрузки). Интерфейс не поддерживает доступ PRA ISDN, сигнализация осуществляется по общему каналу в тракте E1.

Интерфейс V5.2 может содержать в зависимости от нагрузки от 1 до 16 трактов 2048 кбит/с. По нему к АТС-33 подключаются до 2000 портов аналоговых абонентов или до 1000 портов BRA ISDN с концентрацией нагрузки до 8 раз и динамическим назначением канальных интервалов. Интерфейс поддерживает доступ PRA ISDN, обеспечивает резервирование канала сигнализации при отказе тракта путем переключения на другой тракт интерфейса V5.2.

Сети абонентского доступа в настоящее время развиваются в двух направлениях:

- 1) организация широкополосного доступа, обеспечивающего широкий класс новых услуг;
- 2) уменьшение доли медных кабелей при построении сетей доступа.

Технологии xDSL

Для предоставления широкополосного доступа на АТС-33 г. Белгорода используют технологии семейства xDSL, обеспечивающие на участке доступа по витой паре скорость до нескольких Мбит/с:

- ADSL (Asymmetrical DSL): от 384 кбит/с до 7,1 Мбит/с от станции к абоненту (вниз) и от 128 кбит/с до 1,5 Мбит/с от абонента к АТС (вверх).

Узлы доступа единой сети связи, к которым подключаются сети абонентского доступа, в свою очередь подключаются к магистральной сети. Эволюция цифровых систем передачи, составляющих транспортную основу магистральных сетей, и использование оптических кабелей привели к тому, что в магистральных сетях на смену плезиохронным цифровым системам (ИКМ-30, -120, -480) с временным разделением каналов пришли системы синхронной цифровой иерархии (SDH) со скоростями передачи от 155,52 Мбит/с (STM-1) до 9954,3 Мбит/с (STM-64). Для подключения узлов доступа к транспортной сети

					11070006.11.03.02.667.ПЗВКР	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		32

SDH и интеграции коммутации речи и данных коммутационные узлы АТС-33 оборудуются интерфейсами SDH (STM-16).

В настоящее время для работы данной сети г. Белгорода используются следующие виды оборудования:

1. Маршрутизатор уровня ядра Quidway NetEngine NE80E

Маршрутизатор уровня ядра Quidway® NetEngine 80E является новым поколением high-end маршрутизаторов, разработанных компанией Huawei Technologies Co., Ltd. За счет поддержки всего спектра интерфейсов 10G, NE80E может применяться в магистральных IP-сетях, на участках городских сетей либо в качестве базового узла в крупных сетях с большим объемом трафика, для поддержки нескольких услуг. Используя новейшие технологии, такие как, трехуровневая коммутационная матрица, сетевой процессор (NP) и чипсеты ASIC для реализации механизма переадресации и совершенное программное обеспечение VRRP-маршрутизации компании Huawei, NE80E обеспечивает беспрецедентные рабочие характеристики, возможность масштабирования и высокую надежность, двойной протокольный стек IPV4/V6, высококачественные функции QoS и широкий выбор функций защиты. Обладая отличной архитектурой на аппаратном и программном уровне, NE80E отвечает требованиям по доступности сетей carrier-класса и является устройством мультисервисного типа.

2. Высокопроизводительный модульный коммутатор S8500

Это высокопроизводительные коммутаторы нового поколения. Они широко применяются в качестве оборудования опорной сети, а также в качестве уровня ядра или уровня сходимости в городских сетях MAN.

S8505

Пропускная способность шины – 750 Гбит/с

					11070006.11.03.02.667.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		33

Скорость коммутации – 300 Гбит/с

Скорость обработки пакетов – 178М пак/с

Количество слотов расширения и плотность интерфейсов – 7 слотов, из них 5 интерфейсных. 240GE/240FE/20x10GE/200С3

S8508

Пропускная способность шины – 1.2Тбит/с

Скорость коммутации – 400Гбит/с

Скорость обработки пакетов – 285М пак/с

Количество слотов расширения и плотность интерфейсов – 10 слотов, из них 8 интерфейсных; 384GE/384FE/32x10GE320С3

3. IP DSLAM MA5600

IP-коммутаторы DSL серии MA5600, разработанные компанией Huawei Technologies, представляют собой оборудование мультисервисного доступа IP 2-го и 3-го уровня. Они используются в качестве стандартных мультиплексоров IP DSLAM для соединений между уровнем конвергенции сети IP и абонентами, обеспечивая доступ с поддержкой технологий Ethernet, VDSL, VDSL2, ADSL Annex A, Annex B, ADSL2+, G.SHDSL.

Основные достоинства:

SmartAX MA5600 является оборудованием IP DSLAM следующего поколения на базе GE, который имеет возможности интеллектуального анализа услуг, высокую пропускную способность шины, емкость до 1.000 каналов IPTV и мощные функции маршрутизации на уровнях L2 и L3.

Высокая пропускная способность и плотность интеграции:

- Неблокируемая структура коммутации уровней L2/L3
- Пропускная способность шины 210 Гбит/с
- Сквозная пересылка пакетов со скоростью, соответствующей скорости среды передачи данных
- 896 ADSL2+ / 448 G.SHDSL портов на полке
- 2.688 ADSL2+ портов в штативе

					11070006.11.03.02.667.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		34

- Возможности гибкого каскадирования

Гибкие и разнообразные сетевые интерфейсы:

Оборудование серии MA5600 поддерживает большой набор интерфейсов FE и GE: электрические интерфейсы 100Base-TX, одномодовые и многомодовые оптические интерфейсы 100Base-FX, многомодовые оптические интерфейсы 1000Base-SX и одномодовые оптические интерфейсы 1000Base-LX, электрические интерфейсы 1000Base-TX.

4. BRAS Cisco 7206VXR

Серия маршрутизаторов Cisco 7200 разработана как агрегирующее устройство для сервис-провайдеров и идеально подходит в качестве центрального маршрутизатора (core) или в качестве пограничного маршрутизатора ISP-компаний. Данный маршрутизатор позволяет обрабатывать данные, голос, видео с пиковой скоростью 1000000 пакетов в секунду. Как большинство маршрутизаторов Cisco Systems, серия Cisco 7200VXR является модульной (модули совместимы с оборудованием серий Cisco 7100, 7400 и 7500); в основное шасси устанавливаются модули с поддержкой различных технологий (модули портов LAN, WAN, Multichannel и ISDN портов, модули цифровых голосовых портов, SONET/ATM, Mainframe Channel Connection). [7]

5. Система управления iManager N2000

Основные возможности системы

- Платформа поддерживает различные операционные системы.
- Поддерживаются интегрированные функции взаимодействия с различными распространенными платформами систем управления сетью (NMS) других производителей.
- Поддерживаются протоколы различных интерфейсов.
- Поддерживается иерархическое управление элементами сети.

					11070006.11.03.02.667.ПЗВКР	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		35

- Система управления сетью обладает улучшенными характеристиками безопасности.

- Поддерживается управление сетью на основе WEB-интерфейса.

Программное обеспечение управления сетью Quidview является разработанным компанией Huawei продуктом для управления сетью, обеспечивающим унифицированное управление и техническое обслуживание оборудования передачи данных, такого как маршрутизаторы и коммутаторы. Расположенное на уровне управления сети, оно может выполнять как функции сетевого элемента, так и функции управления сетью.

6. Сервер AAA

Программно-аппаратный комплекс AAA является легко масштабируемым сервером, совместимым с RADIUS и TACACS+. Предлагая законченные решения для Аутентификации, Авторизации и Администрирования, сервер AAA позволяет предприятиям защищать и управлять WLAN-ами и удаленным доступом к сети с помощью двухфакторной аутентификации. Эта система является единственным решением аутентификации на базе одноразовых паролей (OTP), которое гарантирует настоящую безопасность в WLAN.

					11070006.11.03.02.667.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		36

3 ПРОЕКТИРОВАНИЕ СЕТИ АБОНЕНТСКОГО ДОСТУПА С ПРЕДОСТАВЛЕНИЕМ МУЛЬТИСЕРВИСНЫХ УСЛУГ

3.1 Выбор варианта реконструкции сети, составление схемы организации связи.

Наша задача спроектировать сеть абонентского доступа с предоставлением мультисервисных услуг в зоне действия АТС-33. После анализа двух предложенных вариантов проектирования сети абонентского доступа для АТС-33 было замечено, что строительство сети ФТТН достаточно трудоемкий и дорогостоящий процесс. Основные затраты при развертывании сети ФТТН приходятся на строительные работы, а стоимость самого оптоволоконного кабеля составляет относительно небольшую часть. Однако, в данном проекте, используется существующая канализация для прокладки оптоволоконного кабеля. Основные затраты- монтаж и тестирование оптоволокна- напрямую зависят от его количества.

Если жизненный цикл самой сети ФТТН и ее электронных компонентов составляет несколько лет, то оптоволоконный кабель и оптическая распределительная сеть имеют более длительный срок службы, по некоторым оценкам — до трех десятков лет. Следовательно, такая долговечность и немалые затраты на построение предполагают высокие требования к правильному проектированию оптоволоконных линий. Ведь после того как прокладка кабеля завершена, внесение изменений потребует немалых затрат.

В настоящий момент архитектуры развернутых сетей ФТТН можно разделить на три основные категории. «Кольцо» Ethernet-коммутаторов, «звезда» Ethernet-коммутаторов и «дерево» с использованием технологий пассивной оптической сети PON.

ФТТН включает в себя активную (P2P- Ethernet) и пассивную (PON) технологии, сущность работы которых представлена на рисунке 3.1 . Пассивная оптическая сеть PON становится главной технологией в ФТТН. [7]

					11070006.11.03.02.667.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		37

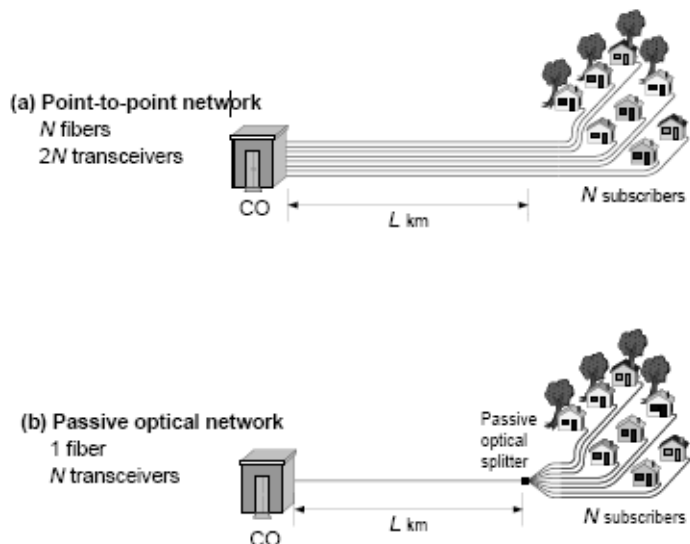


Рисунок 3.1 – Сущность технологии FTTH

PON представляет собой схему сетевой инфраструктуры доступа, разработанную коалицией FSAN (Full Service Access Network). FSAN занимается стандартами для поставщиков и операторов, объединенных общей целью поиска самого недорогого и наиболее эффективного способа построения крупных мультисервисных широкополосных сетей доступа.

На рисунке 3.2 представлен принцип действия технологии PON:

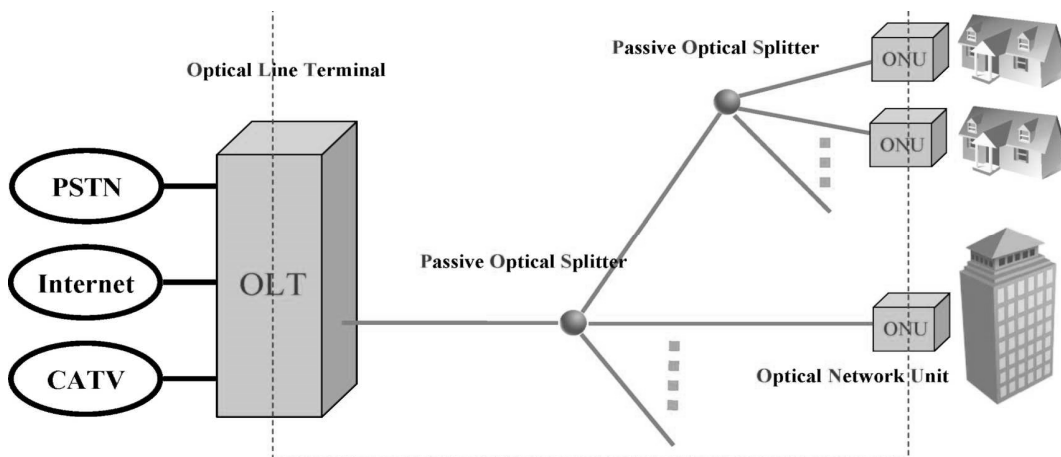


Рисунок 3.2 – Принцип действия технологии PON

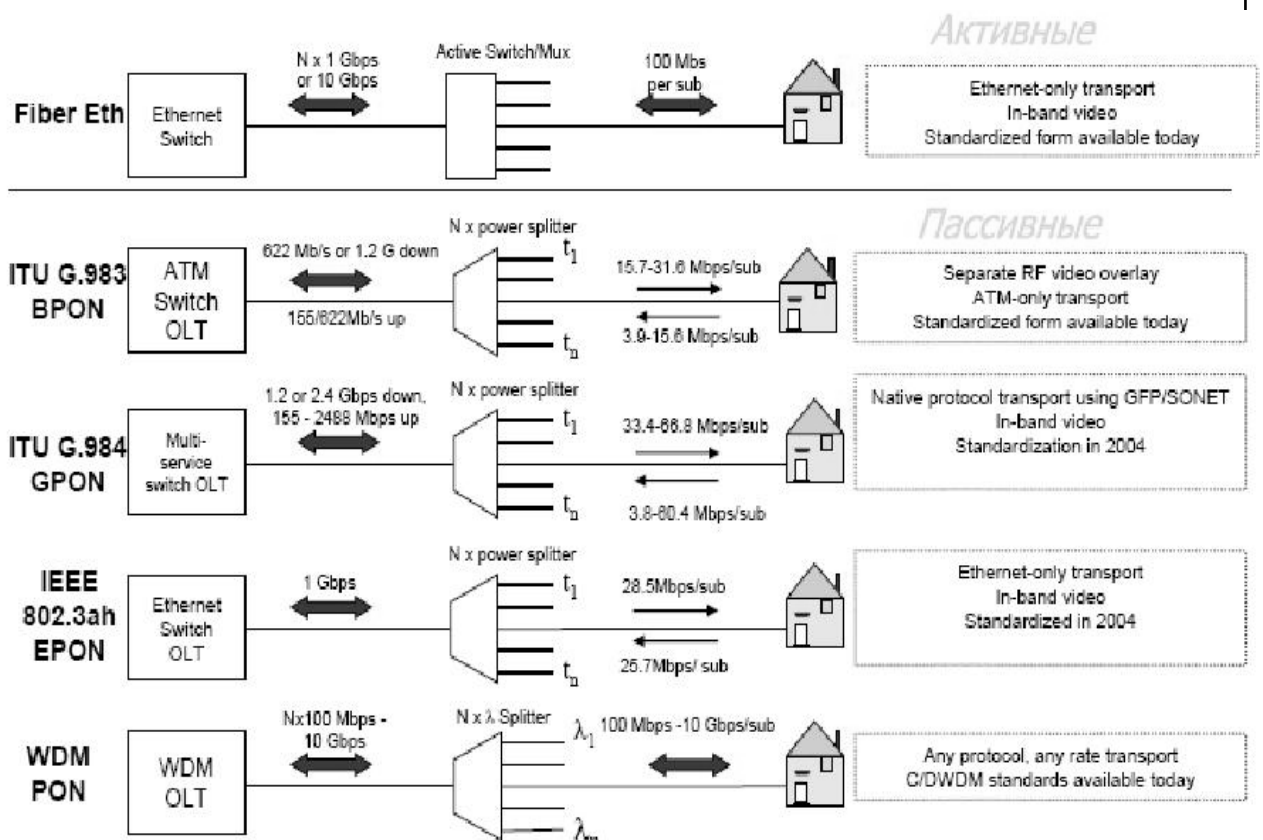
- PON - разновидность сети Точка - Много Точек (Point to Multi-point network P2MP)
- PON - Passive Optical Network (Пассивная Оптическая Сеть)

PON состоит из OLT (Optical Line Terminal), ONU (Optical Network Unit) и ODN (Optical Distribution Network), POS (Passive Optical Splitter) - главный компонент ODN ;

Данная технология предлагает решение извечной проблемы «последней мили» — как довести широкополосную технологию центральной и периферийной части сети до самого дома или предприятия конечного пользователя. Индивидуальные пользователи обычно получают доступ к сети по коммутируемым каналам. Используемый же на многих предприятиях выделенный доступ, несмотря на имеющиеся внутренние локальные сети Ethernet на 10 или 100 Мбит/с, как правило, тоже ограничивается в лучшем случае скоростями линий T-1/E-1. В этой связи применение оптического кабеля выглядит вполне логичным, так как линиям DSL свойственно ограничение по дальности, кроме того, их эксплуатация на высоких скоростях сможет принести провайдерам достаточную прибыль.

Можно привести, в качестве примера, таблицу сравнения часто используемых активных и пассивных технологий FTTH (см. таб. 3.1).

Таблица 3.1 – Сравнение технологий FTTH



В принципе, разница между активной оптической сетью P2P- Ethernet и пассивной оптической сетью PON заключается в том, что P2P- Ethernet использует большое количество оптических кабелей для осуществления передачи информации по всем домам с помощью Ethernet-коммутаторов. В то же время, PON, используя одну оптическую линию с центрального узла, распределяет информацию по домам с помощью оптических сплиттеров, что является более перспективно с точки зрения развертывания сети и уменьшает затраты на строительство. (см. рис. 3.3).

К появлению сетевой архитектуры на базе Ethernet-коммутации привела необходимость быстрого выхода оператора на рынок и снижения стоимости услуг. К недостаткам же можно отнести разделение полосы пропускания внутри каждого кольца доступа, что в перспективе даст сравнительно небольшую пропускную способность, а также вызовет трудности масштабирования архитектуры. Широкое распространение получила архитектура Ethernet типа «звезда». Она предполагает наличие выделенных оптоволоконных линий от каждого оконечного устройства к точке присутствия, где происходит их подключение к коммутатору. Оконечные устройства могут находиться в отдельных жилых домах, квартирах или многоквартирных домах, на цокольных этажах которых располагаются коммутаторы, от которых разводятся линии по всем квартирам.

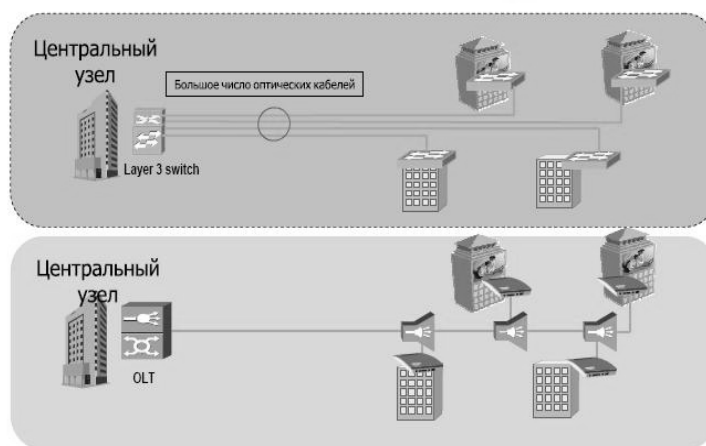
При использовании архитектуры на базе пассивной оптической сети PON для развертывания сетей FTTH оптоволоконная линия распределяется по абонентам с помощью пассивных оптических разветвителей с коэффициентом разветвления до 1:64 или даже 1:128. Архитектура FTTH на базе PON поддерживает протокол Ethernet. В некоторых случаях используется дополнительная длина волны нисходящего потока, что позволяет предоставлять традиционные аналоговые и цифровые телевизионные услуги пользователям без применения телевизионных приставок с поддержкой IP.

Суть организации доступа на основе технологии PON в следующем: провайдер прокладывает один оптический кабель от своего телефонного узла

					11070006.11.03.02.667.ПЗВКР	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		40

(Central Office, CO) или точки присутствия (Point of Presence, POP) к группе конечных пользователей. Поток данных следует до разветвителя, откуда трафик каждого клиента направляется в канал, идущий от точки разветвления, располагающейся, обычно в стойке или шкафу, до помещения клиента. Такая организация значительно сокращает суммарную длину необходимого оптического волокна. (На каждой линии PON может быть установлено несколько разветвителей.) Большую часть пути от телефонного узла провайдера к пользователю трафик проходит по основному оптическому кабелю, а оставшийся отрезок — по короткому волокну или линии DSL.

P2P оптический Ethernet и GPON (1)



P2P оптический Ethernet и GPON (2)

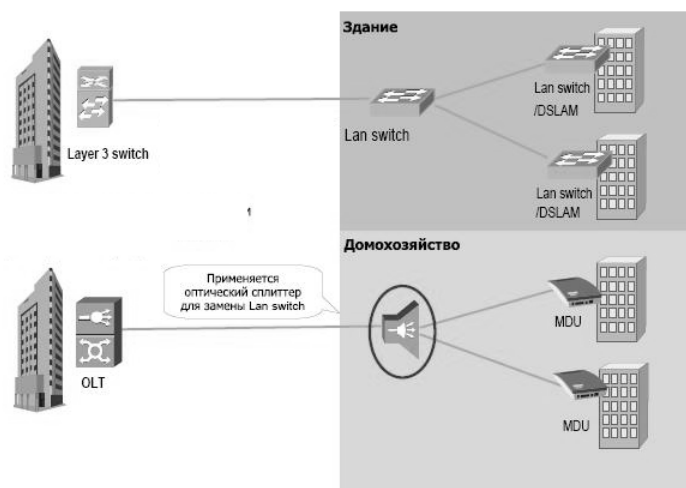


Рисунок 3.3 - Разница между P2P- Ethernet и GPON.

Технология PON является пассивной только в том смысле, что внешняя кабельная система не содержит специальных электронных устройств,

требующих электропитания или обслуживания, и не предусматривает применение выпрямителей, батарей, внешних мультиплексоров, монтажных шкафов, а также не вызывает проблем с «правом прохода». Взамен вся «активность» сосредоточена на телефонном узле и в помещении клиента. При использовании технологии PON в данном проекте, посредством одного волокна можно подключить до 32 таких шлюзов, где мультиплексор доступа DSL (DSL Access Multiplexer, DSLAM) будет принимать трафик и затем пересылать его конечным пользователям с помощью DSL.

Что касается спецификаций, то разветвители могут размещаться для создания «звездообразной», «кольцевой» или «древовидной» топологии. Термин «дерево» часто используется для описания структуры PON с основным оптическим кабелем от телефонного узла, который разделяется на множество линий в разветвителе.

Оборудование PON на соединительном или головном узле — оптический линейный терминал (Optical Line Terminal, OLT) — рассылает многочисленные пользовательские потоки с помощью лазера, мощность которого достаточна для компенсации как оптической дисперсии вдоль множественных путей, так и затухания сигнала в каждой точке соединения. Оптический линейный терминал должен либо создавать световые сигналы самостоятельно, либо перенаправлять трафик SDH от соседнего кросса в соединительный канал PON. Он также мультиплексирует множество потоков от клиентов. В помещениях клиентов оптические сетевые блоки (Optical Network Units, ONUs) преобразуют световые сигналы в соответствии с требованиями используемых транспортных средств и направляют трафик на клиентские коммутаторы и УАТС.

Спецификацией FSAN предусматривается соединительная линия длиной до 18 км и максимум 32 разветвления, т. е. 64 конечные точки на дерево. Пропускная способность может составлять либо 155 Мбит/с в обоих направлениях, либо 622 Мбит/с по направлению к пользователям на основе технологии TDM и 155 Мбит/с по направлению к головному узлу на основе TDMA (Time Division Multiple Access). Поддерживаются также постоянные

					11070006.11.03.02.667.ПЗВКР	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		42

(Permanent Virtual Circuit, PVC) и коммутируемые (Switched Virtual Circuit, SVC) виртуальные соединения. Спецификации FSAN обещают и более высокие скорости, однако сейчас 622 Мбит/с — предельная скорость, при этом некоторые производители предлагают неполные интерфейсы T-1/E-1 и T-3/E-3.

Передача данных осуществляется по-разному, но в большинстве случаев используется Ethernet на 10/100 Мбит/с. Сети PON будут предоставлять широкий выбор транспортных услуг, включая Ethernet на 10/100 Мбит/с в комплекте с VLAN, T-1/E-1, T-3/E-3, OC-3, гигабитный Ethernet и другие высокоскоростные сервисы. Некоторые производители предусматривают возможность наращивания пропускной способности с шагом 1 Мбит/с, что весьма привлекательно для операторов связи (пока они способны выставить за это счета), как и поддержка технологией PON передачи речи. Кроме того, сети PON станут неплохой заменой дорогих выделенных каналов.

Технология PON будет использоваться для перенаправления трафика DSL на шлюз или телефонный узел. В конечном итоге применение множества каналов T-1/E-1 вряд ли является экономически оправданным для объединения столь объемного трафика абонентских окончаний. Технология PON может быть использована для передачи входящих и исходящих потоков местных шлюзов и устройств DLC, так как именно им отводится осуществление поддержки оптических соединений в планах развертывания сетей следующего поколения.

Важно также отметить, что избыточность может легко достигаться использованием парных оптических волокон, позволяя избежать применения кольцевой схемы обеспечения избыточности SDH. И поскольку компоненты PON не являются активными, они не могут потерять питание.

Сети PON приближают оптические выносы вплотную к потребителям, многие из которых не имеют прямого доступа к оптике, но находятся на расстоянии не более 1,5 км от какой-либо оптической линии. Технология PON дает возможность использовать для соединения сети клиента с магистралью PON короткие каналы (волоконно-оптические или DSL). Распределение ресурсов при применении PON также упрощается. По сравнению с сетью SDH,

					11070006.11.03.02.667.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		43

где требуется ручная координация и конфигурация сетевого оборудования «кольца» и клиентов, PON предоставляет возможность более простой организации нескольких оптических выносов от центрального узла. Другим преимуществом перед SDH с ее жесткими шагами увеличения пропускной способности является то, что пропускная способность PON может предоставляться порциями меньшего размера без лишних сложностей конфигурирования, а это делает ненужными выделенные каналы.

Сети PON значительно изменяют баланс сил, предлагая более прагматическую модель. Прокладывая оптическое волокно от телефонного узла до района с группой потенциальных клиентов — предприятий или индивидуальных пользователей, — оператор может быть в большей степени уверен в компенсации финансовых затрат на прокладку оптических линий. Если рассмотреть случай АТС-33, которая обслуживает городской квартал с некоторыми предприятиями, но не известно какие предприятия заинтересуются его услугами. Ввиду отсутствия необходимости установки оптического выноса от телефонного узла и последующего размещения разветвителей на территории каждого клиента, начальные затраты этого оператора резко снижаются. Если неожиданно появятся новые заказчики, прокладка дополнительных оптических соединительных линий не потребуется, достаточно просто проложить короткую линию до соединительной линии PON и установить разветвитель (если, конечно, у данной линии PON еще имеются возможности расширения: следует иметь в виду, что к одной оптической паре можно подключить не более 32 клиентов).

Принципы GPON - мультиплексирование данных

Архитектуру сети доступа GPON (Gigabit PON) можно рассматривать как органичное продолжение технологии APON. При этом реализуется увеличение как полосы пропускания сети PON, так и эффективности передачи разнообразных мультисервисных приложений. Стандарт GPON ITU-T Rec. G.984.3 GPON был принят в октябре 2003 года.

					11070006.11.03.02.667.ПЗВКР	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		44

GPON предоставляет масштабируемую структуру кадров при скоростях передачи от 622 Мбит/с до 2,5 Гбит/с, и допускает системы как с одинаковой скоростью передачи прямого и обратного потока в дереве PON, так и с разной. GPON базируется на стандарте ITU-T G.704.1 GFP (generic framing protocol, общий протокол кадров), обеспечивая инкапсуляцию в синхронный транспортный протокол любого типа сервиса, в том числе TDM

GPON использует Wavelength Division Multiplexing (WDM) технологию, для обеспечения 2-х направленной работы в 1-ом оптическом кабеле, как показано на рисунке 3.4.

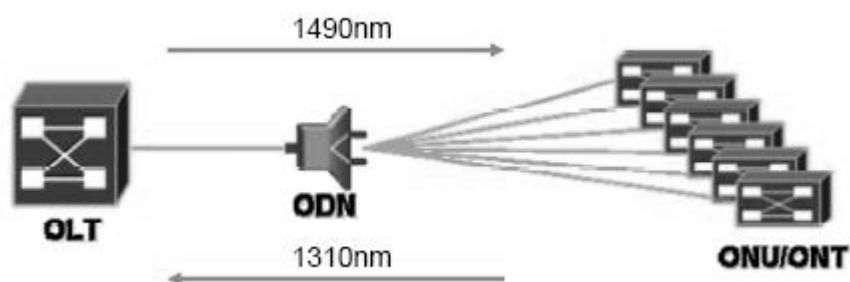


Рисунок 3.4 – Мультиплексирование данных в GPON

Для разделения upstream/downstream сигналов для многих пользователей через одно волокно, GPON применяет 2 механизма (см. рис. 3.5):

- В направлении downstream пакеты данных передаются в режиме broadcast;
- В направлении upstream пакеты данных передаются в режиме подобному TDMA.

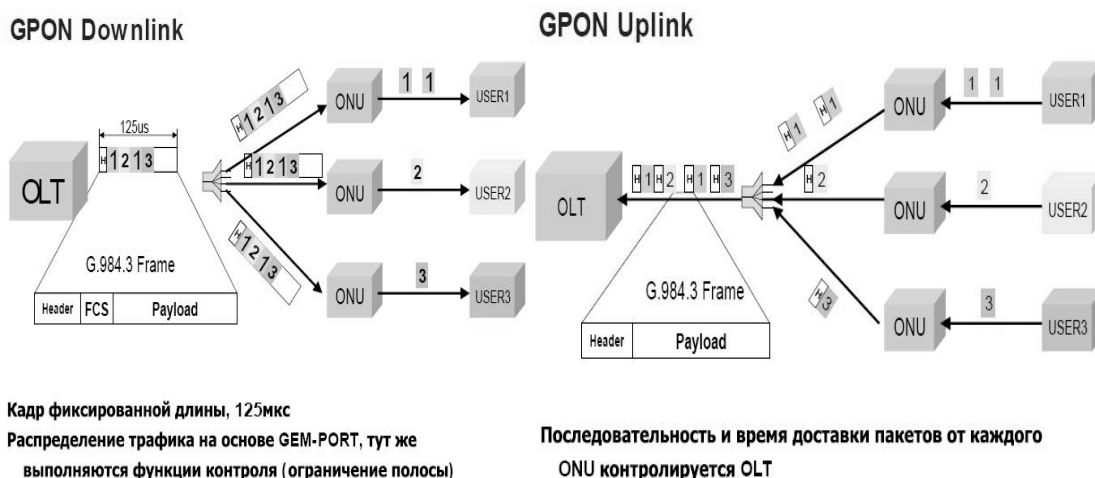


Рисунок 3.5 – Режимы передачи сигналов в GPON

Различные конфигурации GPON

GPON обеспечивает следующие версии и скорости:

1. 0.15552 Gbit/s up, 1.24416 Gbit/s down
 2. 0.62208 Gbit/s up, 1.24416 Gbit/s down
 3. 1.24416 Gbit/s up, 1.24416 Gbit/s down
 4. 0.15552 Gbit/s up, 2.48832 Gbit/s down
 5. 0.62208 Gbit/s up, 2.48832 Gbit/s down
 6. 1.24416 Gbit/s up, 2.48832 Gbit/s down
 7. 2.48832 Gbit/s up, 2.48832 Gbit/s down
- Максимальное расстояние: 20km
 - Теоретически максимальное расстояние: 60km
 - Показатель разветвления 1:64, возможность апгрейда до 1:128
 - Задержка в сетях GPON менее 1.5мс

Главное в использовании технологии GPON – совмещение работы с сетью Ethernet и так же обеспечение Ethernet услуг, как изображено на рисунке 3.6.

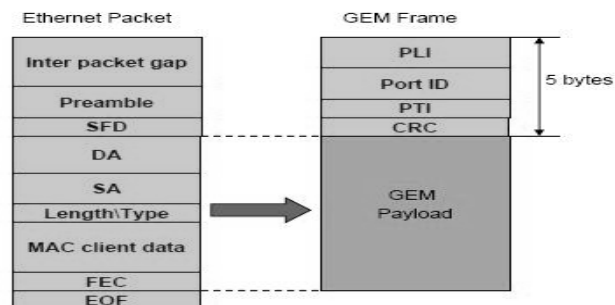


Рисунок 3.6 – Обеспечение Ethernet услуг

- GPON система принимает Ethernet фреймы и маппирует данные фреймов в GEM Payload.

- GEM фреймы автоматически инкапсулируют заголовки информации.

Обеспечение QoS в GPON обусловлено тем, что:

- Классификация трафика основана на LAN/802.1p. (рис.3.7)
- Использование алгоритмов strict priority (SP) и Weighted Round Robin (WRR).

- Передача услуг основана на маппировании услуг с различными T-CONT.

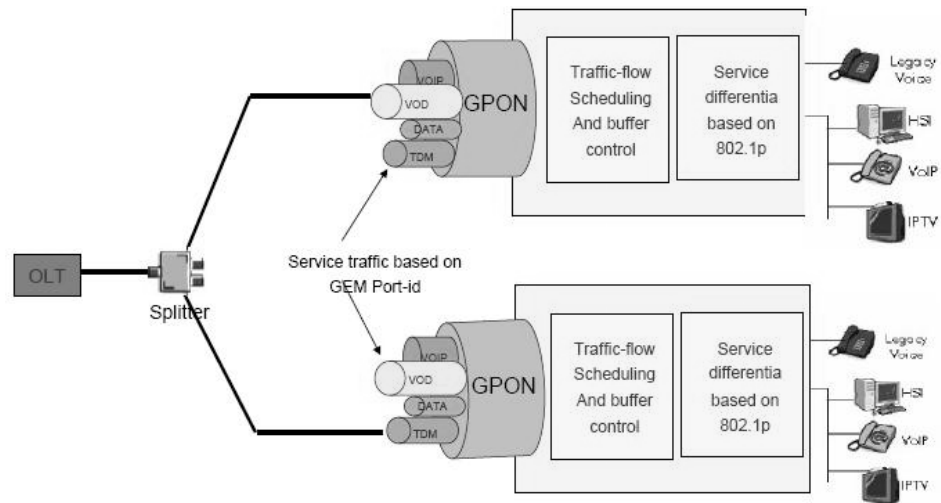


Рисунок 3.7 - Обеспечение QoS в GPON

Сигналы PON быстро теряют мощность, поэтому в лучшем случае максимальная протяженность линии может составлять около 18 км. В отчете Light Reading отмечается, что операторам следует учитывать количество разветвителей на магистральном канале, так как их установка уменьшает суммарную мощность, а также реальную мощность сигнала, передаваемого с головного узла. Так как у большинства оконечных лазеров уровень мощности находится в пределах от 25 до 30 дБ, и 3,8 дБ теряется на каждом двунаправленном разветвителе, сеть должна быть спроектирована для достижения компромисса между дальностью, пропускной способностью и количеством клиентов, подключенных к линии доступа.

Ослабление мощности в технологии GPON происходит следующим образом:

Расчет ослабления мощности в оптическом сплиттере:

$$dB = 10 \cdot \log \left(\frac{Power_in}{Power_out} \right) \quad (3.1)$$

ослабление на входе сплиттера <1дБ

$$\Sigma(\text{входная мощность}) - \Sigma(\text{выходная мощность})$$



$$10 \log(0.5) = -3.01$$

- Ослабление сплиттера 1:2: 3.01 dB
- Ослабление сплиттера 1:16: 12.04 dB
- Ослабление сплиттера 1:64:18.06 dB

Оборудование Huawei GPON поддерживает тип Class B+ с чувствительностью -28дБ, что дает уверенный прием на расстоянии 20 км.

Как уже сказано, в технологии GPON необходимо применение AES шифрования в качестве основного шифрующего алгоритма, принцип действия которого изображен на рисунке 3.8.

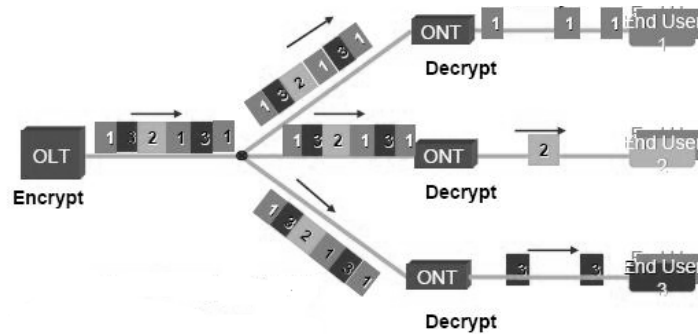


Рисунок 3.8 – AES шифрование в GPON

Основные характеристики AES шифрование:

- OLT использует 128 bit AES шифрование
- Шифруется только payload в GEM фрейме
- GPON система меняет и обновляет ключи регулярно, что улучшает

степень защиты

Возможности резервирования в технологии GPON:

- Нет резервирования оборудования (см. рис. 3.9)

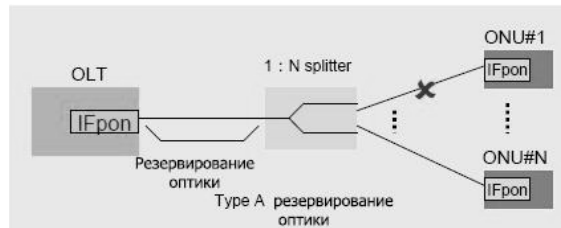


Рисунок 3.9 – Резервирование типа А

- Необходимы 2 GPON интерфейса,
- транковый кабель между OLT и сплиттер зарезервирован
- Хорошее решение (см. рис. 3.10).

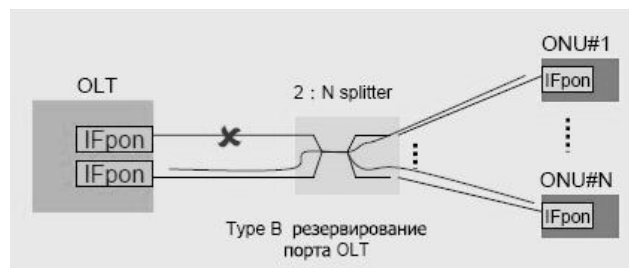


Рисунок 3.10 – Резервирование типа В

- OLT, ONT и оптика зарезервированы
- Высокая стоимость и тяжелое исполнение
- Такая схема повышает надежность (см. рис. 3.11).

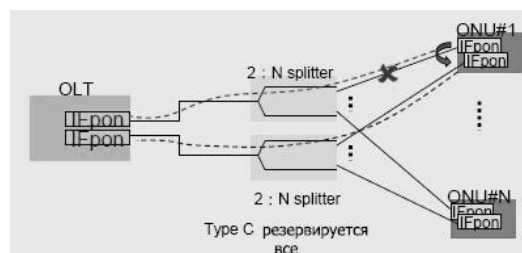


Рисунок 3.11 – Резервирование типа С

- OLT, ONT и оптика зарезервированы
- Высокая стоимость и тяжелое исполнение
- Такая схема повышает надежность (см. рис. 3.12).

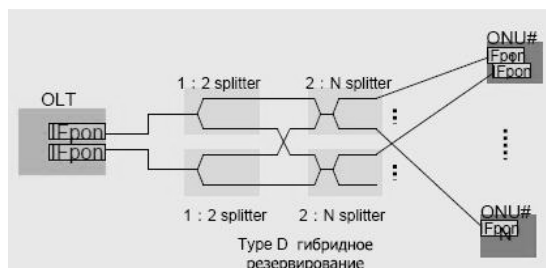


Рисунок 3.12 – Резервирование типа D

Что касается пропускной способности, большинство производителей оборудования PON (особенно из числа недавно появившихся) отстаивают реализацию DWDM поверх PON для обеспечения почти «неограниченной» пропускной способности. Технология DWDM способна предоставить каждому конечному пользователю его собственную длину волны и таким образом обеспечить поддержку множества пользователей. Это делается поверх применяемой в PON архитектуры TDM.

Системы DWDM поддерживают пока еще не более восьми каналов на одно оптическое волокно, поскольку сети PON маломощны и не выдерживают дополнительного входного трафика.

Процесс авторизации для обеспечения информационной безопасности в технологии GPON представлен на рисунке 3.13.

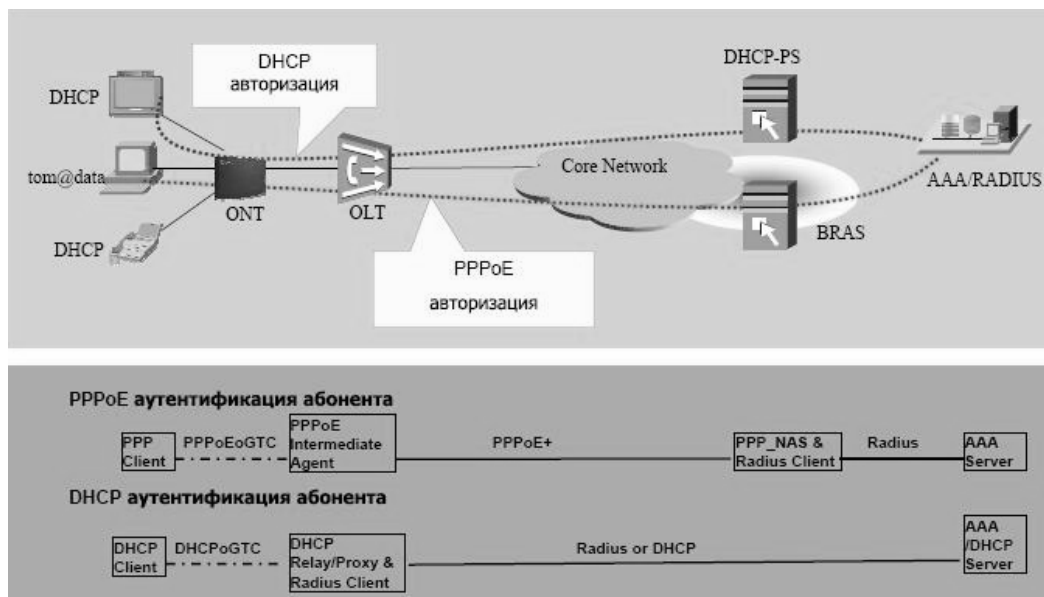


Рисунок 3.13 - Процесс авторизации в технологии GPON

Схема распределения оборудования и подключения оптоволоконного кабеля с центрального офиса до квартир представлена на рис. 3.14

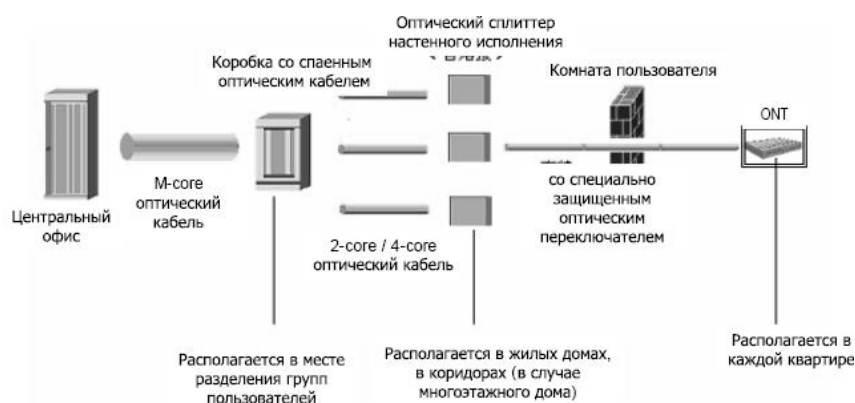


Рисунок 3.14 - Схема распределения оборудования и подключения оптоволоконного кабеля с центрального офиса до квартир

При развертывании архитектуры пассивной оптической сети PON сервис-провайдеры сразу сталкиваются с несколькими существенными проблемами:

Полоса пропускания в дереве оптоволоконных линий сети PON используется как можно большим числом абонентов. Общая пропускная способность нисходящего потока не может соответствовать росту сервисов и будущих требований абонентов в долгосрочной перспективе. Более того, некоторую часть полосы пропускания необходимо резервировать для потоковых

услуг (например, IPTV), что приводит к сокращению общей полосы пропускания.

Еще один недостаток заключается в том, что поскольку PON это технология с общей средой передачи, необходимо шифрование всех потоков данных. Для шифрования, в свою очередь, необходима передача существенного объема служебной информации вместе с каждым пакетом, что может привести к заметному снижению полезной скорости передачи данных. Следующее – это высокая рабочая скорость передачи данных. В связи с использованием в пассивных оптических сетях PON общей передающей среды каждое оконечное устройство вынуждено работать на совокупной скорости передачи данных. Даже если клиент заплатил только за 25 Мбит/с, каждая конечная точка оптической сети в этом дереве PON должна работать на скорости 2,5 Гбит/с. А работа электронных и оптических устройств со скоростью, в сто раз превышающей необходимую скорость передачи данных, повышает цену компонентов, особенно в том случае, если объемы производства не слишком большие.

Возникает также необходимость большей мощности оптического сигнала. Ведь при каждом разветвлении в соотношении 1:2 энергетический потенциал линии связи падает на 3,4 дБ.

Необходимо учитывать, что при развертывании услуг для частных абонентов сервис-провайдеры редко достигают стопроцентной подписки; обычно этот показатель в лучшем случае близок к тридцати процентам. А это означает, что структура PON сети используется не оптимально, и стоимость оборудования для каждого абонента значительно возрастает, но в случае этого проекта был выбран стратегический участок города, который является перспективным по поводу оптимального использования сети и предоставления услуг по невысокой цене.

Есть проблемы в обслуживании, поиске и устранении неисправностей, так как пассивные оптические разветвители не могут передавать информацию о неисправностях в центр управления сетью. К тому же, при повреждении точки терминации оптической сети она может передавать в дерево оптоволоконных

					11070006.11.03.02.667.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		52

линий постоянный световой сигнал, что приводит к нарушению связи для всех абонентов этой пассивной оптической сети. Причем эта проблема может возникнуть даже вследствие действий одного злоумышленника, который в состоянии прервать работу всей системы связи в дереве, просто передав в него непрерывный световой сигнал.

В то же время решение Ethernet FTTH, обладает множеством преимуществ перед архитектурой на базе PON.

Архитектура FTTH позволяет сервис-провайдеру гарантировать каждому абоненту необходимую пропускную способность и создавать в сети профили полосы пропускания для каждого клиента индивидуально. Каждый частный или корпоративный пользователь в любой момент может получить симметричную полосу пропускания любой необходимой ему ширины.

Еще одно преимущество – это большой радиус действия. В типовых конфигурациях сетей доступа Ethernet FTTH применяются недорогие одноволоконные линии, использующие технологию 100BX или 1000BX, с заданным максимальным радиусом действия 10 км. Есть также возможность для гибкого роста. В случае появления новых абонентов можно добавить дополнительные линейные карты Ethernet с высокой степенью модульности. Напротив, при использовании архитектуры на базе PON подключение первого абонента к оптическому дереву требует наличия наиболее дорогостоящего порта OLT, а при добавлении абонентов к тому же дереву PON стоимость подключения каждого абонента только увеличивается за счет приобретения ONT. К тому же, поскольку одномодовые оптоволоконные линии не зависят от используемой технологии и скорости передачи данных, можно легко увеличить скорость для одного абонента, не влияя на работу других.

Еще один несомненный плюс – это отделение абонентских линий, свойство, присущее архитектурам Ethernet FTTH. Оно трудно реализуется в архитектуре пассивной оптической сети из-за общего характера передающей среды в дереве PON. Учитывать надо и тот факт, что на сегодняшний день выделенная оптоволоконная линия является самой защищенной средой на

					11070006.11.03.02.667.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		53

физическом уровне, особенно в сравнении с общими передающими средами. Более того, коммутаторы Ethernet, использующиеся в средах сервис-провайдеров, призваны обеспечить разделение физического уровня портов и логического уровня абонентов и имеют множество надежных функций защиты, которые в состоянии предотвратить практически все попытки вторжений. Очевидно также и то, что затраты на эксплуатацию сетей Ethernet FTTH в топологии «точка-точка» ниже, чем сетей с архитектурой PON FTTH.

С целью перспективности и дальнейшего развития сети, целесообразно выбрать вариант проектирования сети на основе технологии FTTh (GPON), поскольку предоставляемые услуги будут высококачественными, перспективными, и в будущем данный вариант принесет более выгодный финансовый результат.

Схема организации оптической сети в зоне действия АТС-33 представлена на рисунке 3.15

					11070006.11.03.02.667.ПЗВКР	<i>Лист</i>
						54
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

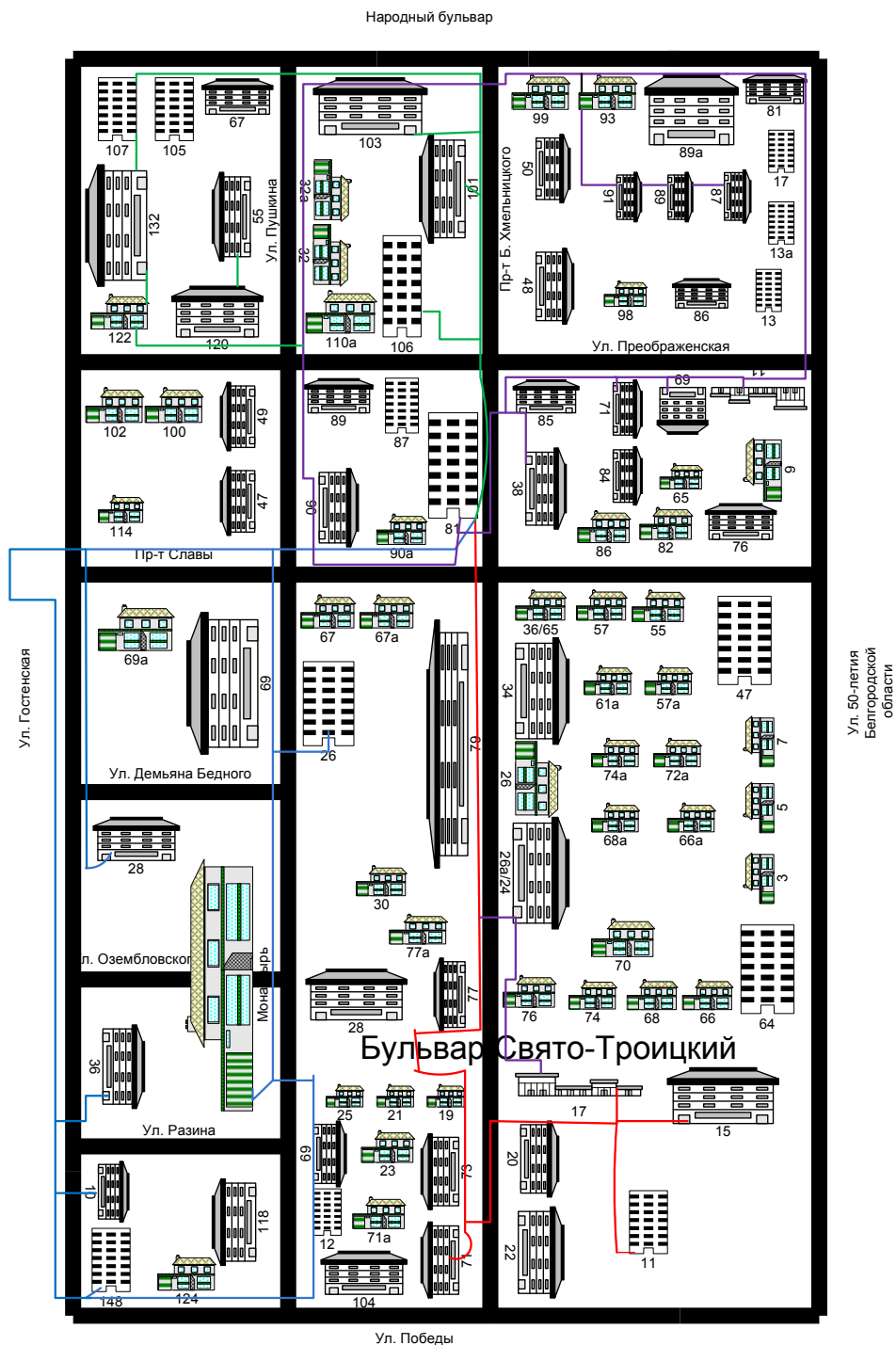


Рисунок 3.15 - Схема организации оптической сети в зоне действия АТС-33.

3.2 Расчет нагрузок.

Численность населения микрорайона - 6100 человек. Абоненты МСС распределены в 1740 квартир. В данный момент мультисервисная сеть DSL предоставляет услуги 30% из общего количества жителей. Из-за этого, на

					11070006.11.03.02.667.ПЗВКР	Лист 55
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		

остальные 70 % будет направлена новая сеть GPON. С учетом того, что самые активные абоненты уже используют ADSL можно рассчитывать на не более чем 30% от оставшихся 70% населения. Т.е. из 1740 не охвачено 70% (1218 абонентов). Из них, клиентами сети GPON могут стать 30% (365 абонентов). Нужно учитывать 20% на развитие сети и получается итоговое количество обслуживаемых абонентов - 438, из которых 300 абонентов соответствуют квартирному сектору и 138 абонентов соответствуют производственному сектору.

В квартирном секторе абонентам будут предлагаться следующие услуги:

- Triple play services (IP-телефония, IPTV, интернет) – 300 абонентов
- Видеонаблюдение в подъездах (УБД) – 120 подъездов
- Коммунальные службы (электросчетчики, холодная и горячая вода, теплоснабжение по Ethernet) – 120 абонентов.

В производственном секторе абонентам будут предлагаться следующие услуги:

- Triple play services (IP-телефония, IPTV, интернет) - 138
- Виртуальные частные сети для соединения офисов – 20 абонентов
- Видеонаблюдение в офисах (УБД) – 56 подъездов
- Коммунальные службы (электросчетчики, холодная и горячая вода, теплоснабжение по Ethernet) – 56 абонентов.

Абонентов коммунальных служб - $438 \times N$, где N- это количество типов счетчиков. В этом случае – четыре счетчики по квартире или офису. Порт PON в каждом подъезде будет использован один, далее коммутатор второго уровня размножит Ethernet порты на необходимое количество счетчиков, т.е. 1752. Необходимо провести расчет нагрузки для передачи мультисервисного

					11070006.11.03.02.667.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		56

трафика по оптической сети, т.е. определить требуемую скорость передачи для каждого порта: (см.табл. 3.2)

Таблица 3.2 – Требуемые скорости передачи по каждому виду услуг.

Услуга	Скорость передачи (Мб/с)
Доступ к сети Интернет	2
IP - телефония	0,064
IPTV	4-9 (Разрешение по параметрам видео 544x576 - 720x480 пиксели)
Электросчетчики, холодное и горячее водоснабжение	0,064
Видеонаблюдение в подъездах	2 (Разрешение по параметрам видео 320x240 пиксели)
Виртуальные частные сети для соединения офисов	4-6

Требуемая скорость передачи в порт квартиры – 12 Мб/с.

Требуемая скорость передачи в порт офиса – 20 Мб/с.

Средняя скорость передачи в здании – 400-800 Мб/с.

Для осуществления передачи трафика по оптической сети GPON используется транспортный протокол - GFP (generic framing protocol). Нисходящий поток - 1490 нм, 2,4 Гбит/с или 1,2 Гбит/с. Восходящий поток - 1310 нм, 1,2 Гбит/с или 622 Мбит/с.

В 2008 году принят новый стандарт GPON ITU G.984.6 (2008), с поддержкой до 128 абонентов на дерево на расстоянии до 60 км.

В АТС-33 расположено оборудование OLT (Optical Line Terminal), который имеет 64 порта с коэффициентом расщепления 1:64, каждый из которых подключен к оптической муфте в стратегическом месте (в колодцах) и

разветвляет кабели до сплиттеров POS (Passive Optical Splitter), находящийся в каждом доме. Отсюда, оптический кабель идет до самых квартир до оборудования ONU (Optical Network Unit). (см. рис. 3.16)

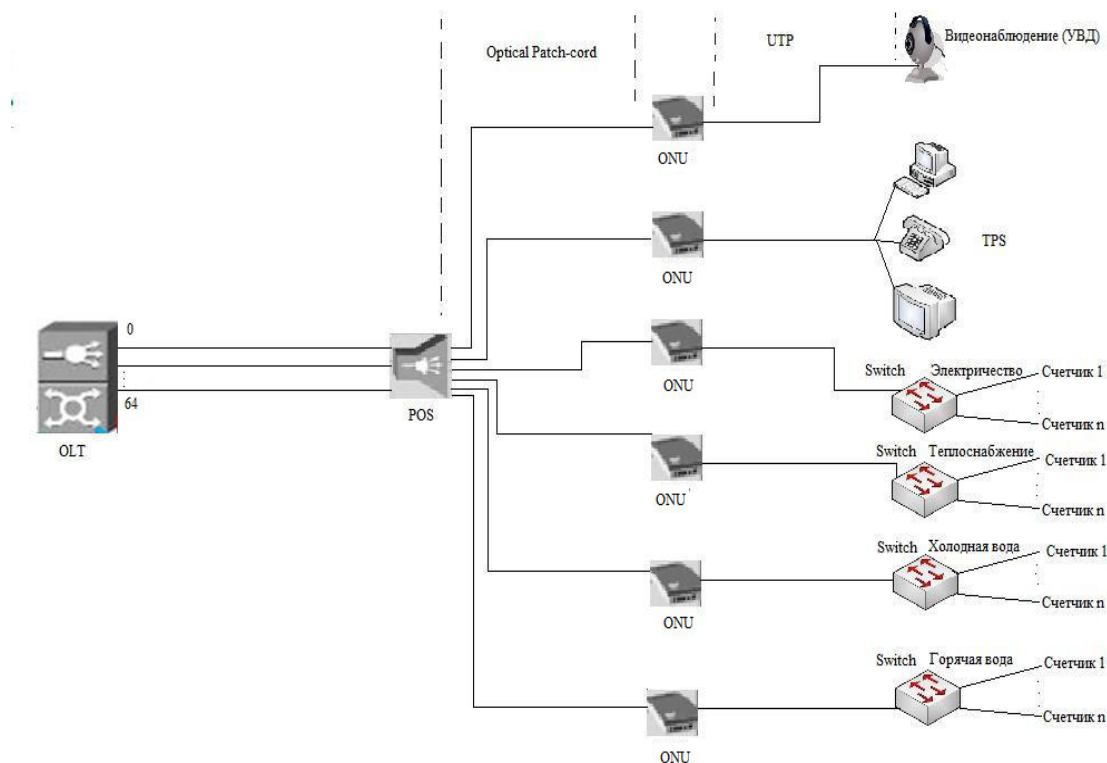


Рисунок 3.16 – Схема организации связи от АТС-33 до квартир

Четыре порта оборудования OLT соединяются с четырьмя оптическими муфтами, расположенными в стратегических колодцах (в колодце перекрестка улиц Пушкина и Преображенской, напротив АТС-33, на перекрестке улиц Пушкина и Демьяна Бедного и в колодце торгового центра Славянский), из которых разветвляется кабель до сплиттеров в доме (см. рис. 3.17).

От оптической муфты, находящейся в колодце перекрестка улиц Пушкина и Преображенской подключаются тринадцать оптических сплиттеров для обслуживания 140 абонентов в следующих домах:

- Дом 101 – Стадион и 3 офиса
- Дом 32 – 18 квартир и 2 офиса
- Дом 110а – «Дом быта» 10 офисов
- Дом 106 – 9 квартир и 2 офиса
- Дом 103 – 17 квартир и 2 офиса
- Дом 107 – 10 квартир и 2 офиса
- Дом 132 – 9 квартир и 1 офис
- Дом 122 – 10 квартир и 2 офиса
- Дом 120 – 10 квартир и 2 офиса
- Дом 55 – 7 квартир и 1 офис
- Дом 89 – 10 квартир и 2 офиса
- Дом 90 – 9 квартир и 1 офис

От оптической муфты, находящейся в колодце напротив АТС-33 подключаются двенадцать оптических сплиттеров для обслуживания 120 абонентов в следующих домах:

- Дом 85 – 10 квартир и 5 офисов
- Дом 38 – 7 квартир и 4 офиса
- Дом 71 – Детский сад № 63
- Дом 69 – 5 офисов
- Дом 11 – торговый центр «Маяк» 16 офисов
- Дом 81 – 10 квартир и 4 офиса
- Дом 89а – «Сбербанк»
- Дом 93 – 5 квартир и 2 офиса
- Дом 99 – Городская больница
- Дом 91 – 11 квартир и 3 офиса

					11070006.11.03.02.667.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		60

- Дом 89 – 14 квартир и 3 офиса
- Дом 87 – 16 квартир и 2 офиса

От оптической муфты, находящейся в колодце на перекрестке улиц Пушкина и Демьяна Бедного подключаются семь оптических сплиттеров для обслуживания 65 абонентов в следующих домах:

- Дом 26 – 8 квартир
- Дом 67 – 10 квартир и 3 офиса
- Дом 28 – 10 квартир и 1 офис
- Дом 3 – Монастырь
- Дом 36 – 9 квартир и 1 офис
- Дом 10 – 10 квартир и 1 офис
- Дом 148 – 8 квартир и 3 офиса

От оптической муфты, находящейся в колодце торгового центра «Славянский» подключаются двенадцать оптических сплиттеров для обслуживания 113 абонентов в следующих домах:

- Дом 26а/24 – 8 квартир и 2 офиса
- Дом 77 – 10 квартир и 2 офиса
- Дом 73 – Союз художников
- Дом 71 – 11 квартир и 2 офиса (филиал «Сбербанк»)
- Дом 17 – торговый центр «Славянский» (12 офисов)
- Дом 20 – 11 квартир и 2 офиса
- Дом 22 – 11 квартир и 2 офиса
- Дом 15 – 10 квартир и 2 офиса
- Дом 11 – 8 квартир и 1 офис
- Дом 104 – 10 квартир и 2 офиса
- Дом 12 – 8 квартир и 3 офиса
- Дом 69 – 12 квартир

					11070006.11.03.02.667.ПЗВКР	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		61

В автозале АТС-33 оборудование будет стоять как на схеме 3.18

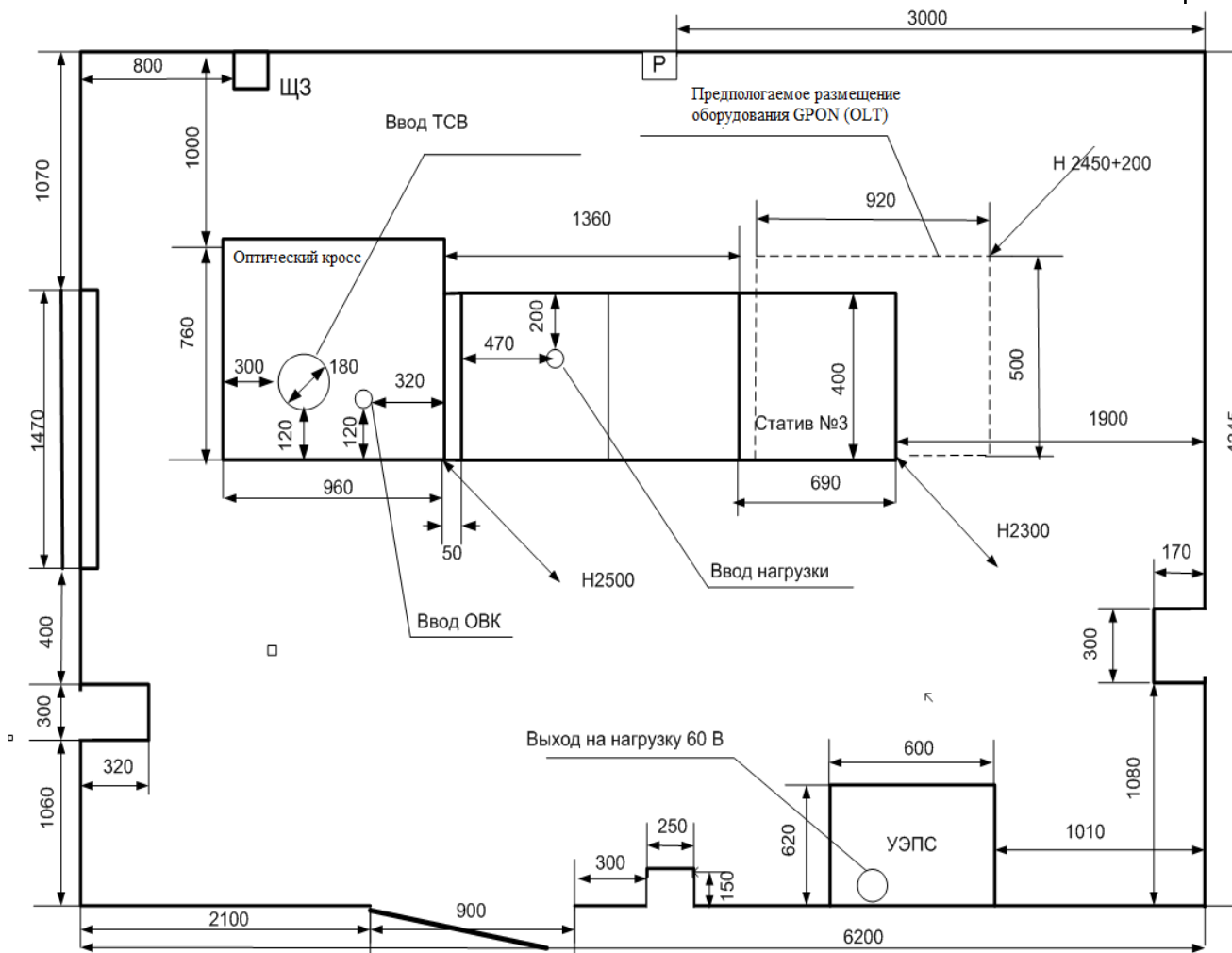


Рисунок 3.18 – Схема размещения оборудования в АТС-33

3.3 Выбор типа линии связи.

В участке сети абонентского доступа от ONU до квартир и до коммутаторов коммунальных услуг в подъездах зданий будет использоваться кабель витая пара (UTP), категория 5, 2 пары, одножильный (solid), для внешней прокладки, с металлическим тросом UTP2-C5e-SOLID-SW-OUTDOOR-40 (см. рис. 3.19)

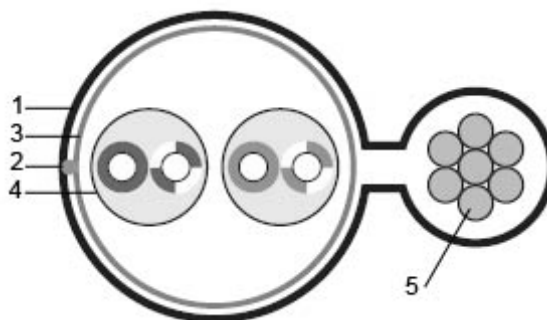


Рисунок 3.19 – Кабель UTP2-C5e-SOLID-SW-OUTDOOR-40

- 1 - Внешняя оболочка
- 2 - Рип-корд
- 3 - Экран-фольга
- 4 - Дренажный провод
- 5 - Защитная пленка
- 6 - Витая пара solid
- 7 - Металлический трос

Спецификации

Соответствует стандартам TIA/EIA-568-B.2 Класс пожарной безопасности CMX Соответствует стандарту пожарной безопасности UL 444/ UL 1581.
«Приложение А»

Описание

Неэкранированный медный кабель, 2 пары, категория 5, одножильный, с металлическим тросом. Кабель подходит для горизонтальной прокладки вне помещений.

					11070006.11.03.02.667.ПЗВКР	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		63

Материалы

Проводящий материал: проволока из мягкой отожженной электролитической меди. Изоляция жил: полиэтилен высокой плотности
Внешняя оболочка: полиэтилен черного цвета Стальной трос: оцинкованная (гальванизированная) сталь.

Стоимость кабеля UTP2-C5e-SOLID-SW-OUTDOOR-40 приведена в таблице 3.3.

Таблица 3.3 - Стоимость кабеля UTP2-C5e-SOLID-SW-OUTDOOR-40

Наименование	Цена за метр (€)	Цена за метр (руб.)	Кол. метров для проекта	Итого (руб)
<u>Hyperline UTP2-C5E-SOLID-SW-OUTDOOR-40</u> <u>Кабель витая пара (UTP), категория 5, 2 пары, одножильный (solid), для внешней прокладки (+60 C - -40 C), с металлическим тросом</u>	0,27*	9,6	3000	28800

*Источник цен - среднестатистическая цена на рынке.

— Компания АБН предлагает услуги проектирования и строительства ВОЛС, которые включают следующие работы:

Строительство ВОЛС

- создание комплексного проекта кабельной линии связи
- расчет стоимости работ ВОЛС
- тестирование ВОЛС. При завершении монтажа новой [СКС](#)

необходимо провести тестирование кабельной системы на заявленную производителем категорию на сегодня это категории стандарта ANSI/TIA/EIA 5e, 6, 6A или 7. Так же тестирование СКС на категорию может потребоваться

					11070006.11.03.02.667.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		64

пользователю системы при диагностике возникших проблем в работе сети. Наша компания предоставляет отдельную услугу тестирования (аттестации) кабельной системы. В нашем распоряжении есть кабельные анализаторы FLUKE DSP-4300 и FLUKE DTX-1800 с помощью, которых мы можем проводить тестирование на категорию 5е, 6, 6А и 7.

- поиск и локализация места повреждения кабеля
- прокладка и монтаж оптоволоконна
- монтаж волоконно-оптических компонентов
- техническая поддержка и сервисное обслуживание оборудования.

Предварительная подготовка кабеля к прокладке

- монтаж оконечных кроссов
- муфтирование кабеля
- разделка бронированого кабеля
- терминация кабеля
- распайка концов
- бурение отверстий

Прокладка кабеля

- прокладка в шахтах, лотках, кабельростах
- подземная прокладка вок
- прокладка в кабельной канализации
- прокладка по столбам
- прокладка транзитной петли

Структурированная Кабельная Система - кабельная система здания (или комплекса зданий), построенная по правилам, определяемым международными стандартами:

- ISO/IEC 11801: 2002(E), Information Technology Generic Cabling for Customer Premises (Информационная технология общего каблирования помещений Заказчика).

					11070006.11.03.02.667.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		65

- ANSI/TIA/EIA-568-B, Commercial Building Telecommunications Cabling Standard (Стандарт телекоммуникационных кабельных систем коммерческих зданий).

СКС - это инфраструктура Информационных Технологий (ИТ), определяющая направления в проектировании кабельных систем на основании требований конечных пользователей. Она позволяет производить монтаж систем даже при отсутствии достаточных знаний о том активном оборудовании, которое будет установлено впоследствии.

СКС может быть построена на основе множества продуктов различных производителей с применением двух основных сред передачи сигнала - медная витая пара и волоконная оптика.

Структурированная Кабельная Система может быть реализована как в среде кампуса (группы зданий), так и в отдельном здании. Она может состоять из трех подсистем, которые могут соединяться в сеть, имеющую топологию "звезда".

Подсистемы СКС:

- **Горизонтальная кабельная система** - этажная система здания, соединяющая телекоммуникационные розетки на рабочем месте (Work Area - WA) с горизонтальным кроссом (Floor Distribution - FD), расположенным в телекоммуникационной. FD может располагаться на том же, либо на смежном этаже.

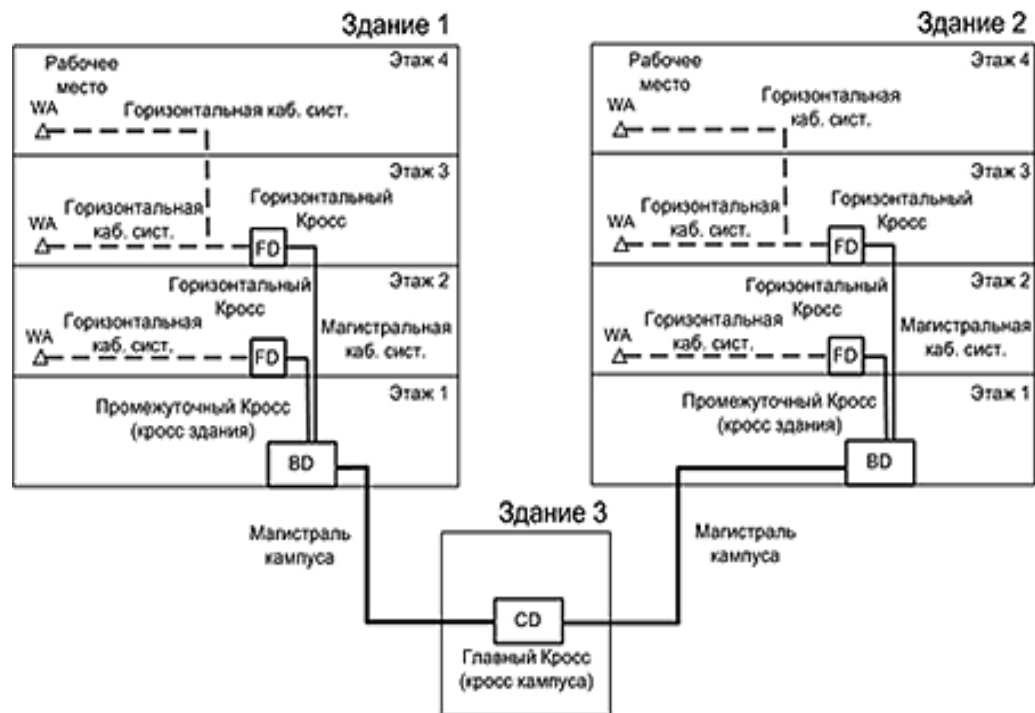
- **Магистральная кабельная система** внутри здания - кабельная система, соединяющая каждый горизонтальный кросс (FD) внутри одного здания с главным (Campus Distribution - CD) или кроссом здания (Building Distribution - BD).

- **Магистральная кабельная система** между зданиями - кабельная система, связывающая здания в среде кампуса (группы зданий). Каждый кабель

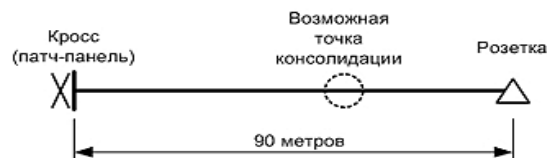
					11070006.11.03.02.667.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		66

внешней магистрали проходит от главного кросса (CD) (расположенного обычно в центральном здании) до промежуточного кросса (BD). (см. рис. 3.20)

Структура СКС



Горизонтальная подсистема СКС Постоянная линия



Горизонтальная подсистема СКС Канал



Рисунок 3.20 – Структура СКС

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата
------	------	---------	---------	------

11070006.11.03.02.667.ПЗВКР

Лист

67

Ограничения по длине кабельных линий

Горизонтальная кабельная система должна быть, не зависимо от среды передачи, не более 90 метров, но не менее 15 метров (если розетка находится близко от кросса, рекомендуется оставлять запас кабеля в бухте).

Магистральная кабельная система:

- 3000 м для одномодового оптического волокна;
- 2000 м для многомодового оптического волокна;
- 2000 м для витой пары для приложений передачи речи;
- 100 м для витой пары для приложений передачи данных

СКС проектируется и монтируется с учетом множества правил. Проектировщики и монтажники СКС проходят обучение на специальных учебных курсах, которые организуют производители СКС.

Оптическая сеть GPON будет построена с использованием трех видов оптических кабелей:

- Эликс-кабель СПЛ-06-8Е 9,5/125 Кабель волоконно-оптический одномодовый 9.5 мкм, 8 волокон, внешний, бронированный (см. рис. 3.21)

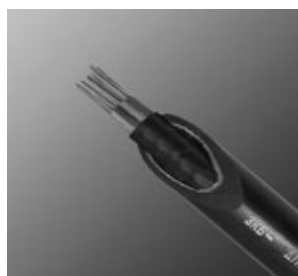


Рисунок 3.21 – Волоконно-оптический кабель СПЛ-06-8Е 9,5/125

Назначение:

Кабели этой группы предназначены для прокладки в кабельной канализации, блоках, трубах (включая метод пневмопрокладки), в тоннелях и

					11070006.11.03.02.667.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		68

коллекторах при опасности повреждения грызунами, при опасности затопления на длительный срок, а также по мостам и эстакадам «Приложение Б». Стоимость кабеля СПЛ-06-8Е 9,5/125 приведена в таблице 3.4

Таблица 3.4 - Стоимость кабеля СПЛ-06-8Е 9,5/125

Наименование	Цена за метр (€)	Цена за метр (руб)	Кол. метров для проекта	Итого (руб)
<u>Эликс-кабель СПЛ-06-8Е 9,5/125</u> <u>Кабель волоконно-оптический</u> <u>одномодовый 9,5 мкм, 8 волокон,</u> <u>внешний, бронированный стальной</u> <u>лентой</u>	0,94*	5,7	200 0 (+500м. техническ ого запаса)	892 50

*Источник цен - среднестатистическая цена на рынке.

- Эликс-кабель СПЛ-06-16Г 62,5/125 Кабель волоконно-оптический одномодовый 62.5 мкм, 16 волокон, внешний, бронированный (см. рис. 3.22).

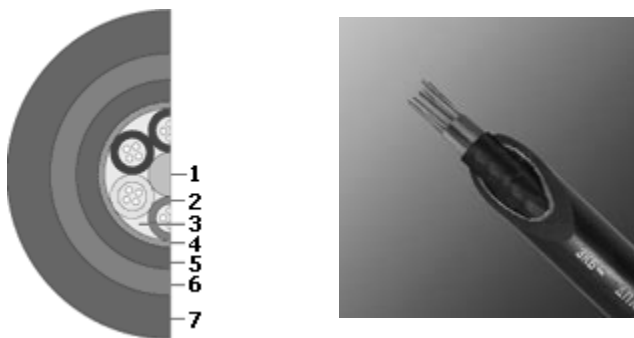


Рисунок 3.22 - Волоконно-оптический кабель СПЛ-06-16Г 62,5/125

Назначение:

Кабели этой группы предназначены для прокладки в кабельной канализации, блоках, трубах (включая метод пневмопрокладки), в тоннелях и

коллекторах при опасности повреждения грызунами, при опасности затопления на длительный срок, а также по мостам и эстакадам «Приложение В».

Конструкция:

1. Центральный силовой элемент (ЦСЭ) - ДПЛ, ДАЛ - стеклопластиковый диэлектрический стержень. СПЛ, САЛ - стальная проволока.

2. Оптический модуль со свободно уложенными волокнами в оболочке из ПБТ и заполненный гидрофобным наполнителем.

3. Межмодульный гидрофобный наполнитель.

4. Алюмополиэтиленовая лента*.

5. Промежуточная оболочка из полимерного материала.

6. Броня из стальной гофрированной ленты.

7. Защитный шланг из полимерного материала.

Стоимость кабеля СПЛ-06-16Г 62,5/125 приведена в таблице 3.5

Таблица 3.5 - Стоимость кабеля СПЛ-06-16Г 62,5/125

Наименование	Цена за метр (€)	Цена за метр (руб)	Кол. метров для проекта	Итого (руб)
Эликс-кабель СПЛ-06-16Е 9,5/125 Кабель волоконно-оптический одномодовый 9.5 мкм, 16 волокон, внешний, бронированный	1,16*	2,16	400 (+80м. технического запаса)	20236

*Источник цен - среднестатистическая цена на рынке.

- Эликс-кабель СПЛ-06-4Е 9,5/125 Кабель волоконно-оптический одномодовый 9,5 мкм, 4 волокна, внешний, бронированный стальной лентой (см. рис. 3.23).

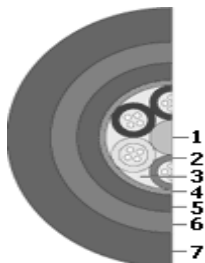


Рисунок 3.23 - Волоконно-оптический кабель СПЛ-06-4Е 9,5/125

Назначение:

Кабели этой группы предназначены для прокладки в кабельной канализации, блоках, трубах (включая метод пневмопрокладки), в тоннелях и коллекторах при опасности повреждения грызунами, при опасности затопления на длительный срок*, а также по мостам и эстакадам.

Конструкция:

1. Центральный силовой элемент (ЦСЭ) - ДПЛ, ДАЛ - стеклопластиковый диэлектрический стержень. СПЛ, САЛ - стальная проволока.
2. Оптический модуль со свободно уложенными волокнами в оболочке из ПБТ и заполненный гидрофобным наполнителем.
3. Межмодульный гидрофобный наполнитель.
4. Алюмополиэтиленовая лента*.
5. Промежуточная оболочка из полимерного материала.
6. Броня из стальной гофрированной ленты.
7. Защитный шланг из полимерного материала.

					11070006.11.03.02.667.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		71

Стоимость кабеля СПЛ-06-4Е 9,5/125 приведена в таблице 3.6

Таблица 3.6 - Стоимость кабеля СПЛ-06-4Е 9,5/125

Наименование	Цена за метр (€)	Цена за метр (руб)	Кол. метров для проекта	Итого (руб)
<u>Эликс-кабель СПЛ-06-4Е</u> <u>9,5/125 Кабель волоконно-оптический одномодовый 9,5 мкм, 4 волокон, внешний, бронированный стальной лентой</u>	0,86*	32,18	900(+125м. технического запаса)	32985

*Источник цен - среднестатистическая цена на рынке.

В кроссах АТС-33 устанавливается оборудование, позволяющее собрать концы магистральных и горизонтальных кабелей и построить «развязку», применяя короткие шнуры, оконцованные разъемами соответствующих типов, – патчкорды. Для соединения сплиттера в доме с соответствующими устройствами ОНТ в квартире, применяются так же следующие патчкорды: (см. табл. 3.7)

					11070006.11.03.02.667.ПЗВКР	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		73

Таблица 3.7 – Перечень патчкордов.

Наименование	Цена (руб.)	Количество (шт.)	Итого (руб.)
FPK-SC/APC-FC/APC-sm-sp-2 - SC/APC-FC/APC патч-корд одномодовый, 2м (simplex)	290*	220	63800
FC-SC-sm-sp-3 - SC-FC патч-корд одномодовый, 1м (Simplex)	132*	4	528
FPK-FC-SC-sm-sp-5 - SC-FC патч-корд одномодовый, 5м (Simplex)	189*	140	26460
FPK-FC-SC-sm-sp-20 - SC-FC патч-корд одномодовый, 20м (Simplex)	730*	361	263530
FPK-FC-SC-sm-dp-30 - SC-FC патч-корд одномодовый, 30м (Duplex)	1350*	248	334800
FPK-SC-FC-sm-dm-60 SC-FC патч-корд одномодовый, 60м (Duplex)	2461*	44	108284
Итого			796.400

*Источник цен - среднестатистическая цена на рынке.

					11070006.11.03.02.667.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		74

Рекомендации по прокладке кабеля:

- При монтаже волоконно-оптических кабелей крайне необходимо не превышать предусмотренных значений усилия на разрыв, радиуса изгиба и температуры окружающей среды. Методы прокладки должны соответствовать общим стандартам.
- Для облегчения инсталляции внутри труб при помощи сжатого воздуха или натяжного троса могут использоваться некоторые смазочные материалы (например, парафин). В качестве смазки запрещается использование мыла или других подобных веществ.
- При фиксации кабеля следует избегать его пережимания более чем на 0.3 мм.
- Гелевый наполнитель, находящийся внутри модуля, может быть удален куском материи, пропитанной скипидаром.
- Во время хранения рекомендуется защищать концы кабеля от внешних воздействий.

Прокладка кабелей информационной системы непосредственно к рабочим местам пользователей часто выполняется в декоративных коробах или миниплентусах. На этих коробах или рядом с ними устанавливаются информационные розетки. Использование коробов позволяет делать проводку сменяемой, при необходимости переносить розетки в более подходящее место. Кроме того, в том же коробе можно выполнить прокладку силового кабеля и установить силовые электрические розетки. Производители коробов и информационных розеток предлагают широкий спектр установочного силового электрического оборудования: розетки, выключатели и прочие устройства. Эти элементы устанавливаются с использованием унифицированных монтажных модулей, однотипных применяемым для информационных розеток. (см. рис. 3.24)

					11070006.11.03.02.667.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		75



Рисунок 3.24 - Декоративные короба и установочные изделия информационного, силового и прочего назначения

Такая интеграция позволяет выполнить группировку информационных и силовых розеток на рабочем месте и позволяет заметно снижать затраты на кабельную канализацию и монтажные работы. Внешний вид такого решения является более эстетичным, чем при выполнении раздельного монтажа силовых и информационных розеток.

3.4 Выбор и расчет объема оборудования, составление плана размещения оборудования.

Система FTTH состоит из терминала оптической линии (optical line terminal, OLT), находящегося на центральной станции CO, терминала оптической сети (optical network terminal, ONT) на стороне пользователя и оптической распределительной сети (optical distribution network, ODN). Структура FTTH реализует технологию PON, которая позволяет создавать приложения точка-точка и точка-много точек. Сеть ODN обеспечивает физическую связь между терминалами OLT и ONT. В общем, сеть ODN состоит из оптических кабелей, коннекторов, оптических разветвителей и других элементов, необходимых для установки и соединения вышеперечисленного оборудования. На рис. 3.25 представлена классическая структура сети ODN,

состоящая из 5 частей: магистральный многожильный оптический кабель, распределительный узел, оптический распределительный кабель, узел доступа и оконечный абонентский кабель. Кабельную часть ODN можно подразделить на несколько уровней: участок от ODF на центральной станции (central office, CO) до узла распределения оптических кабелей – магистральный многожильный оптический кабель; участок от узла распределения оптических кабелей до узла абонентского доступа, на котором оптические кабели распределяются между абонентами – распределительный оптический кабель; участок оконечного кабеля от узла абонентского доступа до терминала, на котором кабель заводится в дом абонента.

Сеть ODN – это главная составляющая сети FTТх. Поэтому структура сети ODN оказывает непосредственное влияние на общую стоимость, производительность, надежность и потенциальные возможности системы.

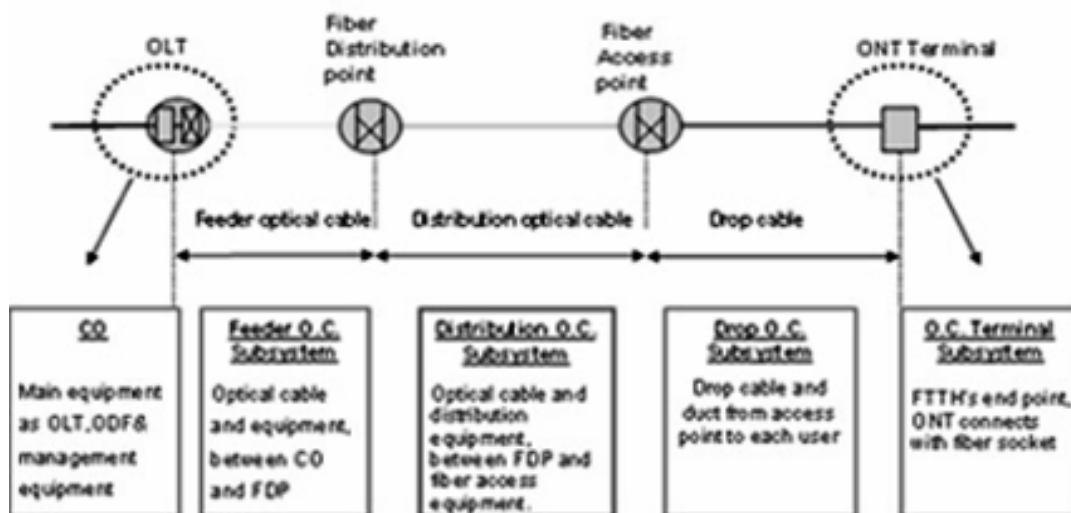


Figure 1 ODN Basic Structure

Рисунок 3.25- Классическая структура сети ODN

- Fiber Distribution Point – Узел распределения оптических кабелей
- Fiber Access Point – Узел оптического доступа
- ONT Terminal – Терминал ONT

- Feeder optical cable – Магистральный оптический кабель
- Distribution optical cable – Оптический распределительный кабель
- Drop cable – Оконечный кабель
- CO – Центральная станция (CO)
- Main equipment as OLT, ODF & management equipment – Основное оборудование (OLT, ODF) и управляющее оборудование
 - Feeder O.C. Subsystem – Магистральная подсистема О.С.
 - Optical cable and equipment between CO and FDP - Оптический кабель и оборудование между CO и FDP
 - Distribution O.C. Subsystem – Распределительная подсистема О.С.
 - Optical cable and distribution equipment between FDP and fiber access equipment – Оптические кабели и распределительное оборудование между FDP и оборудованием оптического доступа
 - Drop O.C. Subsystem – Оконечная подсистема О.С.
 - Drop cable and duct from access point to each user – Оконечные кабели от узла доступа до каждого абонента
 - O.C. Terminal Subsystem - Терминальная подсистема О.С.
 - FTTH's end point, ONT connects with fiber socket - Терминальный узел FTTH, терминал ONT соединяется с оптическим разъемом

Для проектирования оптической сети с использованием технологии PON, будет выбрано оборудование компании Huawei.

					11070006.11.03.02.667.ПЗВКР	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		78



Рисунок 3.26- Демонстрация ODN

Как видно из рисунка. 3.26, при строительстве сети ODN, покрывающей заданную область линиями оптической связи, необходимо учесть множество факторов и любое упущение может привести к нежелательным результатам в ходе реализации данного проекта. Необходимо сосредоточить свое внимание на следующих моментах:

- Выбор места расположения центральной станции (Central Office - CO);
- Система разветвления оптических кабелей и место расположения оптического разветвителя;
- Расположение распределительных кабелей в различных зданиях и при различных условиях.
- Конечная цель – оптимальный баланс между экономичностью, практичностью, гибкостью, надежностью, управляемостью и удобством обслуживания проекта.

В реальных приложениях OLT может покрывать область, где сочетаются различные типы зданий, такие как высотные дома, многоэтажные дома и коттеджи. В таких случаях разрабатывается интегрированное решение ODN, основанное на базовых решениях ODN.

Для того, чтобы отвечать требованиям построения сетей оптической связи, компания Huawei разработала и наладила производство серии оборудования ODN, которое покрывает каждый участок сети от OLT до ONT, включая модуль распределения оптических кабелей (Optical Distribution Frame - ODF, оптический кросс, разветвитель, блок разделения оптических кабелей, блок терминала доступа, и т.д. (см. рис. 3.27)

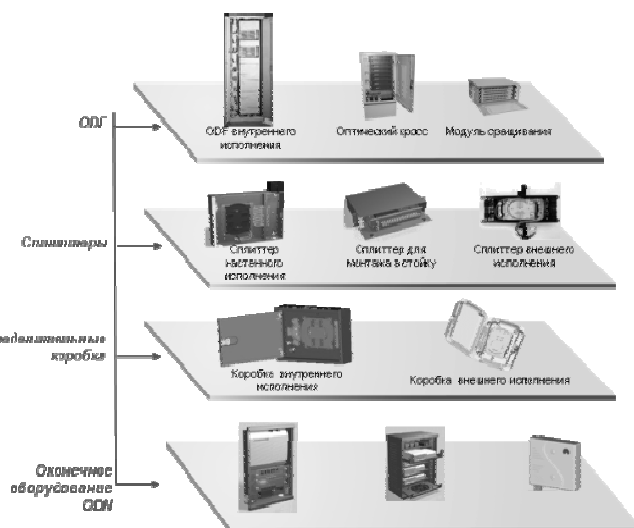


Рисунок 3.27 – Оборудование Huawei для оптической сети FTTH

MA5680T является оборудованием доступа к гигабитной пассивной оптической сети (GPON), разработанное компанией Huawei. MA5680T (см. рис. 3.28) предоставляет следующие качественные услуги, характеризующиеся большой емкостью, высокой скоростью и широкой полосой пропускания:

SmartAX MA5680T



Рисунок 3.28 – Особенности MA5680T

Данное оборудование имеет 16 сервисных слотов. Одна плата услуг PON имеет 4 порта PON, каждый порт поддерживает коэффициент расщепления 1:64,

таким образом, одна сервисная полка поддерживает до 4096 абонентов. Дальность передачи – 20 км.

Для доступа по интерфейсу GPON пропускная способность MA5680T составляет в нисходящем направлении 2,5 Гбит/с, а в восходящем – 1,25 Гбит/с.

MA5680T имеет функцию управления многоадресной передачей, что характерно для оборудования операторского класса. Данная функция позволяет операторам предоставлять и управлять дополнительными широкополосными услугами многоадресной передачи:

- IGMP- прокси/ IGMP Snooping, поддерживается до 1000 групп многоадресной передачи.
- Функции предварительного вступления и быстрого выхода из группы.
- Различные режимы аутентификации для различных операторов многоадресной передачи.
- Предварительный просмотр каналов и сбор статистики по просмотрам.
- Управляемая многоадресная передача для управления доступом пользователей многоадресных групп.

Решения для видеослуг

Оборудование MA5680T поддерживает 2 способа передачи видео: IPTV и кабельное телевидение (CATV). Использование MA5680T вместе с IPTV позволит оператору управлять до 1000 видеоканалов. А в случае с CATV оборудование MA5680T будет предоставлять аналоговое или цифровое телевидение по кабелю с использованием оптрона с длиной волны 1550 нм. Пользователи смогут воспользоваться услугами передачи видео, данных и речи по оптоволоконному кабелю.

					11070006.11.03.02.667.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		81

Решение для голосовых услуг

Для передачи речи в оборудовании MA5680T используется технология VoIP (Речь поверх IP). Терминалы предоставляют два способа реализации VoIP (см. рис. 3.29) :

- Преобразование речи из VoIP выполняется медиашлюзом, встроенным в ONT.

- Преобразование речи из VoIP выполняется внешним медиашлюзом.

Терминал OLT в восходящем направлении подключается к IP-сети через порты FE, GE или 10GE. Обработку сигнализации при передаче речи выполняет оборудование Softswitch.

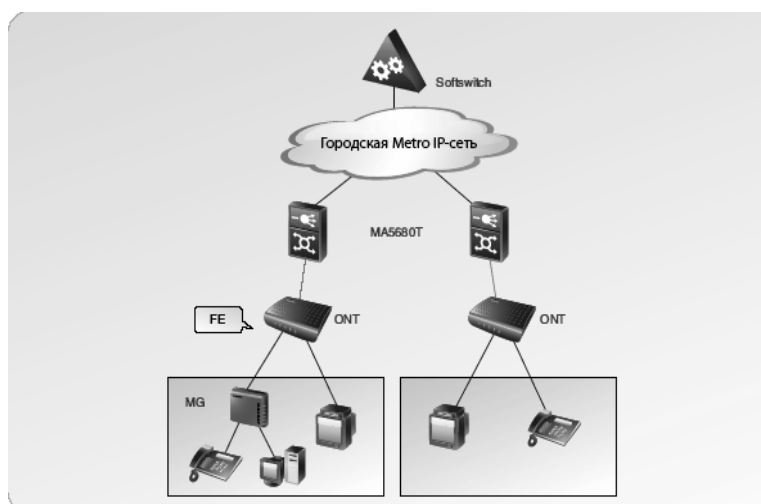


Рисунок 3.29 - Решение для голосовых услуг MA5680T

Выполняя функции терминала оптической линии (OLT) в сети GPON, устройство MA5680T работает с блоком оптической сети (ONU) и терминалом оптической сети (ONT), предоставляя услуги передачи данных, голоса и видео.

- Широкий спектр сетевых приложений
- Оптоволокно до дома (FTTH)
- Оптоволокно до здания (FTTB)
- Передача базовой станцией

- Взаимодействие по выделенной IP-линии
- Массовая реализация различных ISP
- Услуги широкополосного доступа
- Оптический доступ "точка-точка"
- Каскадное подключение к Ethernet

Решение по передаче трафика TDM

Мощный механизм QoS оборудования MA5680T предоставляет идеальное решение по передаче потоков E1. Фрейм GEM обеспечивает соответствующее качество передачи E1 по GPON, а также позволяет решить проблему синхронизации E1 поверх IP (см. рис. 3.30). В данном решении достигается такое же качество, как и в передаче с использованием систем SDH.

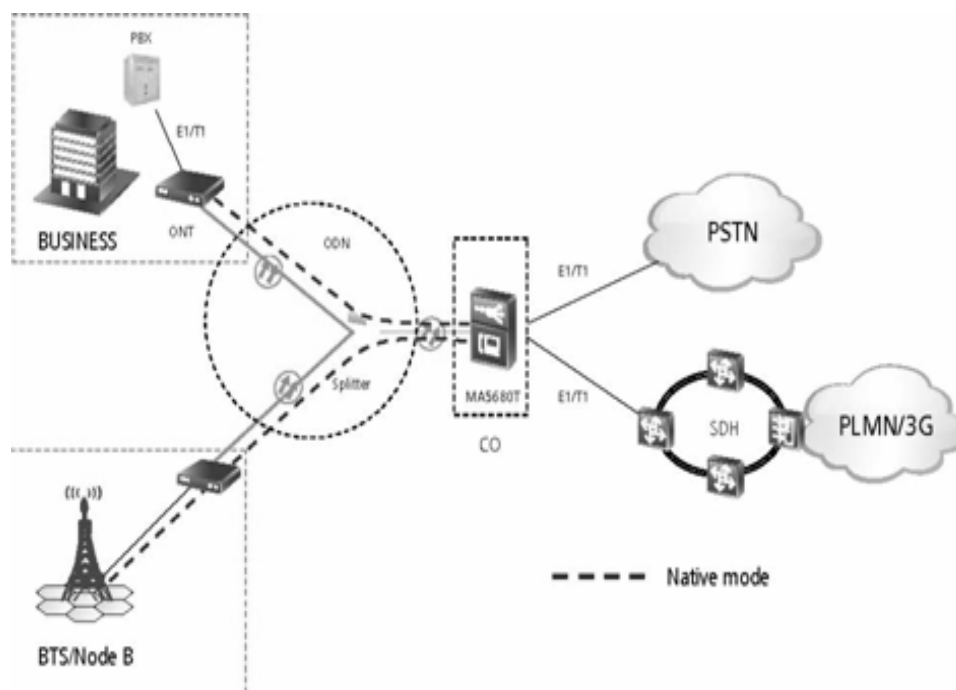


Рисунок 3.30 - Передача E1 при помощи MA5680T

К MA5680T предъявляются следующие требования:

- Высокая пропускная способность и дальность передачи, позволяющие расширить зону доступа.
- Интегрированные услуги по передаче данных, голоса и видео по волокну, удовлетворяющие требованиям клиента.

На рисунке 3.31 представлена типовая схема реализации сети с использованием MA5680T.

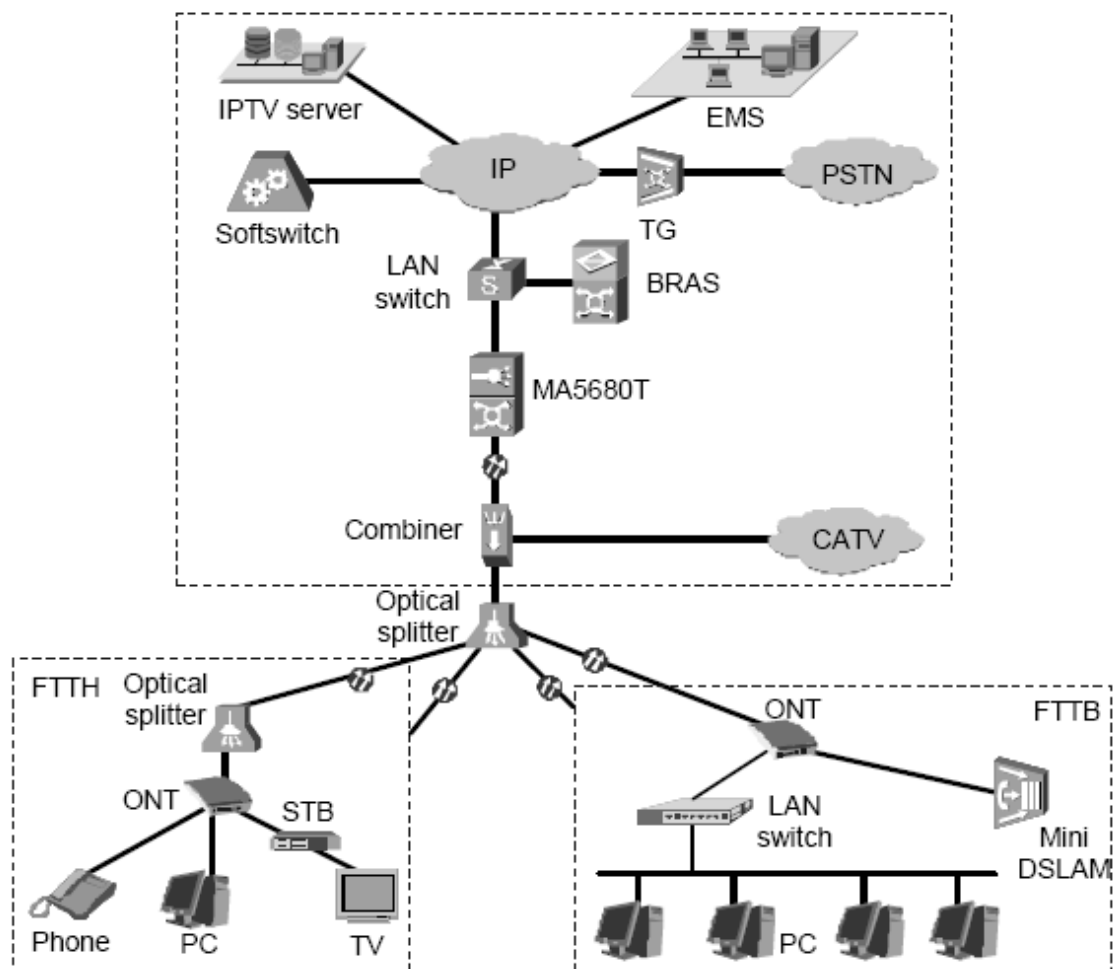


Рисунок 3.31 - Типовая схема реализации сети с использованием MA5680T.

MA5680T предоставляет следующие решения по QoS, позволяющие повысить уровень управления различными услугами.

- Комплексные решения QoS (от OLT до ONU/ONT) по всей сети.
- Диспетчеризация на уровнях OLT и ONT, обеспечивающая QoS путем дифференциации различных услуг и пользователей.
- Две политики организации очередей на основе приоритетов 802.1p или приоритетов трафика (802.1p по умолчанию).
- Комбинация SP (Строгий приоритет) и WRR (взвешенно-циклический алгоритм) используется в нисходящем и восходящем направлениях.

- Организация 8-приоритетных очередей
- Стратегии QoS на основе правил трафика
- Фильтрация пакетов
- Переадресация пакетов
- Зеркальное копирование трафика
- Учет трафика (статистика)
- Регулирование правил обслуживания трафика
- Формирование очередей на портах
- Ограничение скорости порта
- Стратегии приоритетов
- Стратегии изменения VLAN

Централизованная унифицированная платформа управления

Решение iManager N2000 не только поддерживает централизованное терминалами MDU, ONT и DSL модемами, но также управление оборудованием DSLAM и MSAN производства компании Huawei. iManager N2000 является уникальной унифицированной системой управления, осуществляющей комплексное управление сетью в целом.

Мощный механизм управления терминалами

iManager N2000 управляет всеми терминалами, соединенными с OLT как сетевыми элементами (NE), таким образом реализуется конструкция сети с большой емкостью и меньшим количеством узлов.

MA5680T поддерживает управление терминалами GPON. Конфигурирование VLAN и портов ONU/ONT выполняется при помощи интерфейса OMCI (ONT management and control interface).

Устройства ONU/ONT могут конфигурироваться в режиме «оффлайн» через OLT, при этом конфигурации ONU/ONT хранятся на OLT, и при включении на ONU/ONT автоматически перезаписываются данные.

					11070006.11.03.02.667.ПЗВКР	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		85

При помощи iManager N2000 осуществляется конфигурирование, ежедневный мониторинг, диагностирование терминалов ONT, а также определение их местоположения. Таким образом, реализуется удаленное техническое обслуживание и управление терминалами, что существенно снижает ОПЕХ.

Сеть абонентского доступа будет построена с использованием следующего оборудования:

Распределительный шкаф (Optical Cable Distribution Frame, ODF) используется для подключения и соединения оптических кабелей. В основном, он служит в качестве интерфейса между сетью оптической передачи и оборудованием оптической передачи, а также между абонентскими оптическими кабелями в сети доступа. (см. рис. 3.32)

Основные характеристики:

- Стандартная 19" полка, оборудованная сплиттером, модульным блоком сращивания кабелей и терминальным блоком, либо интегрированным блоком сращивания/терминальным блоком;
- Может использоваться в крупномасштабных проектах оптической связи;
- Простой в установке, расширении и обслуживании; обладает модульной архитектурой.

Кросс ODF обычно размещается в центральной АТС или в аппаратной в жилой зоне, в данном проекте будут стоять в каждом доме. С помощью установленного сплиттера и блока сращивания/распределения они могут осуществлять разделение и распределение оптических кабелей.

					11070006.11.03.02.667.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		86



Рисунок 3.32 - Распределительный шкаф

Распределительный модуль, также называемый блоком оптической сети (Optical Network Unit, ONU) устанавливается внутри помещения. (см. рис. 3.33). Он служит терминальным модулем для электрических и оптических кабелей и соединительных элементов. В него также может быть установлено оконечное терминальное абонентское оборудование.

Основные характеристики:

- Монтаж внутри помещения на стене или в нише;
- Поддержка оптического доступа, высокоскоростного интернет-доступа, услуг triple-play;
- Как правило, данный блок используется для разделения интерфейсов в базовой сети между оператором и абонентами.



Рисунок 3.33 - Распределительный модуль ONU

Пассивные оптические сплиттеры предназначены для соединения оптических терминалов с узлами оптической сети. Кроме того, они отвечают за распределение нисходящих каналов передачи данных и объединение восходящих каналов передачи данных.

Компания Huawei представляет оптические сплиттеры, размещаемые в стандартной 19" стойке и предназначенные как для установки снаружи помещения, так и внутри него. Одновременно, компания Huawei представляет услуги по настройке данного продукта.

Основные характеристики сплиттера, монтируемого в стойке:

- Размещение в стандартной 19" стойке; совместимость с требованиями ETSI;
- Интегрированный модуль PLC; четный коэффициент оптического разветвления;
- Блок состоит из поддона сращивания и поворачиваемой крышкой, обеспечивающей защиту оптических кабелей и эксплуатацию и техобслуживание оборудования.

Как правило, они размещаются в центральных АТС или в кроссах ODF в аппаратных в жилой зоне. В данном проекте они будут стоять внутри каждого дома. (см. рис. 3.34).



Рис. 3.34 - Сплиттер, монтируемый в 19" стойке

					11070006.11.03.02.667.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		88

Основные характеристики сплиттера, монтируемого внутри помещения:

- Настенный монтаж
- Интегрированный модуль PLC;
- Четный коэффициент разветвления.

Если необходимо установить сплиттер внутри помещения, но нет возможности разместить его в аппаратной, можно смонтировать сплиттер в коридоре или в любом другом месте. Сплиттер компании Huawei оборудован интегрированным модулем PLC, гарантирующем четное разделение оптических кабелей.

Для размножения Ethernet портов на необходимое количество счетчиков используется следующие коммутаторы:

- Коммутатор D-LINK DES-1024D (см. рис. 3.35) [10]

Порты	24 x 10/100Mbps
Режим дуплекса	Full/Half Duplex
Питание	100 - 240 Вольт, 50/60 Гц 0.3А
Таблица MAC адресов	8 К на устройство
Размеры	280 x 180 x 44 мм



Рисунок 3.35 - Коммутатор D-LINK DES-1024D

- Коммутатор D-LINK DES-1016DE (см. рис. 3.36)

Тип	неуправляемый коммутатор	настольный
Порты	16 x 10/100 Мбит/сек	
Питание	внутренний блок питания	
Up-Link	порт MDI uplink	
Таблица MAC адресов	8 К на устройство	



Рисунок 3.36 - Коммутатор D-LINK DES-1016DE

Окончательная схема организации связи сети GPON в зоне действия АТС-33 изображена на рисунке 3.37.

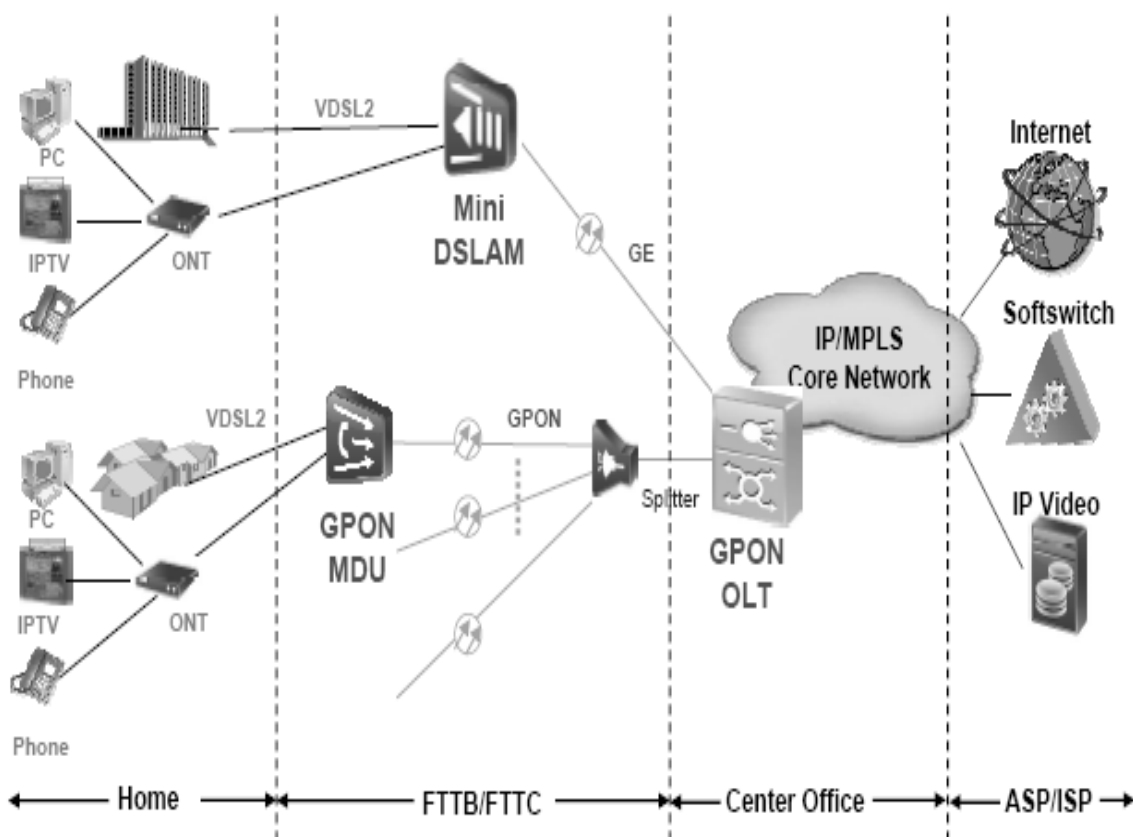


Рисунок 3.37- Схема организации связи сети GPON в зоне действия АТС-33.

4 ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОЕКТА

4.1 Смета затрат на реализацию проекта.

Перечень используемого оборудования оптической сети GPON в данном проекте с соответствующей стоимостью приведен в таблице 4.1:

Таблица 4.1 – Оборудование GPON сети.

Наименование оборудования	Стоимость (руб)	Количество (шт)	Итого (руб)
МА5680Т	320000*	1	320000
Распределительный шкаф	8216*	44	361504
Оптический кросс Huawei 64 порта	2726*	2	5452
Оптическая муфта	1042*	4	4168
Оптический сплиттер	8542*	44	376848
Распределительный модуль ONU	900*	658	592200
Коммутатор 16 портов	1098*	301	330498
Коммутатор 24 порта	1425*	403	574275
Итого			2.364.945

*Источник цен - среднестатистическая цена на рынке.

Расчет экономических показателей

Основной задачей технико-экономического обоснования дипломного проекта является определение величины экономического эффекта от использования в производстве основных и сопутствующих результатов, получаемых при решении поставленных задач.

Так, во введении целесообразно рассмотреть значение исследуемых вопросов для отрасли или предприятия, современное состояние рассматриваемой проблемы, сущность предлагаемых технических решений. В основных разделах принимаемые решения базируются на использовании функционально-стоимостного анализа.

Основные теоретические положения и методические подходы оценки экономической эффективности инвестиционных проектов рассмотрены в «Методических рекомендациях по оценке эффективности инвестиционных проектов по их отбору для финансирования».

Показатели экономической эффективности проекта в целом характеризуют с экономической точки зрения технические, технологические и организационные решения, принимаемые в проекте.

Расчет капитальных затрат

Капитальные вложения на проектирование новой оптической сети определяется по фактическим ценам и по данным китайской компании «Huawei».

Затраты на линейные сооружения достигают 70-80% от общих капитала вложений, затрачиваемых на строительство связи и могут быть определены:

$$K_{л.с.} = \sum \beta_{л} = 0,93 \text{ млн. руб.} \quad (4.1)$$

где $\beta_{л}$ - стоимость оптических кабелей и патчкордов, руб.

Сумма прямых капитальных вложений на проектирование оптической сети GPON будет определяться как стоимость оборудования, что составляет 2,3 млн. руб.

Сопутствующие капиталовложения будут состоять из затраты на монтаж, транспортировку и прочих затрат и ориентировочно составят 50% от прямых затрат:

$$K_c = 0,5 \cdot (2,3 + 0,93) = 1,5 \text{ млн. руб.}$$

Общая сумма составит:

$$K_{\Pi} = 2,3 + 0,93 + 1,5 = 4,7 \text{ млн. руб.}$$

Под амортизацией понимается процесс постепенного возмещения стоимости основных фондов, переносимой на вновь созданную продукцию (услугу), в целях накопления средств для реконструкции и приобретения основных средств. Величина амортизационных отчислений определяется установленной долей ежегодных отчислений (норма амортизации) от стоимости основных средств. Рассчитаем сумму амортизационных отчислений согласно утвержденных норм амортизационных отчислений.

Амортизационные отчисления на полное восстановление производственных фондов рассчитываются по формуле (4.2):

$$AO^{год} = \frac{\Phi_{перв} \cdot H_a}{100\%}, \quad (4.2)$$

где $\Phi_{перв}$ – первоначальная стоимость основных фондов (приравнивается к капитальным вложениям);

H_a – норма амортизационных отчислений для данного типа оборудования и линейно-кабельных сооружений составляет 5%.

Итак, амортизационные отчисления равны:

$$AO \text{ год} = 4700000 * 5\% / 100 = 235000 \text{ руб.}$$

Для приобретения оборудования и линейных сооружений берётся кредит. Поскольку ПАО «Ростелеком» пользуется банковским кредитом, необходимо рассчитать выплаты по кредиту с учетом процентов, с погашением в рассрочку на протяжении T_k лет равными платежами (в номинальной стоимости). Тогда

					11070006.11.03.02.667.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		93

платежи с учетом процентов, которые включены в ежегодный платеж, по кредиту при заемной сумме K_n составят :

$$K_m = \frac{E_k(1 + E_k)^{T_k}}{(1 + E_k)^{T_k} - 1} \cdot K_n, \quad (4.3)$$

где K_m – платеж на m – том шаге с учетом процентов; E_k – номинальная годовая процентная ставка в банке.

Годовые выплаты по кредиту с учетом процентов по формуле (4.3):

$$K_m = \frac{0,3(1 + 0,3)^5}{(1 + 0,3)^5 - 1} \cdot 4,7 = 9,8 \text{ млн.руб. в течение 5 лет.}$$

Выплаты по кредиту будут являться собственными капиталовложениями, которые необходимо привести (дисконтировать) при норме дисконта $E = 0,2$ к расчетному году (году ввода оптической сети GPON в эксплуатацию).

$$K_d = \sum_{m=0}^4 \frac{K_m}{(1 + E_n)^m}, \quad (4.4)$$

где $t=0$ учитывает, что первая выплата осуществляется вместе с вводом оптической сети GPON в эксплуатацию (0 год эксплуатации, через год после начала проектирования оптической сети GPON).

$$K_d = \frac{9,8}{(1 + 0,2)^0} + \frac{9,8}{(1 + 0,2)^1} = 18 \text{ млн.руб.}$$

Определение годовых эксплуатационных издержек

Зарботную плату обслуживающего персонала можно определить по формуле:

$$Z = C_o t_o S_3 k \left(1 + \frac{r}{100} \right), \quad (4.5)$$

где C_o – численность обслуживающего персонала; t_o – время затрачиваемое на обслуживание устройства, мес.; S_3 – среднемесячная заработная плата обслуживающего персонала, руб/мес; k – коэффициент дополнительной заработной платы (1,1...1,2); r – процент отчислений, на социальное страхование (30%).

$$З = 4 \cdot 1 \cdot 20000 \cdot 1,2 \left(1 + \frac{30}{100} \right) = 124800 \text{ руб}$$

Затраты на потребляемую электроэнергию учитывают мощность и время работы электроустановок, а также тариф на электроэнергию.

$$З_э = \sum_{g=1}^G P_g t_g Ц_э, \quad (4.6)$$

где $g \dots G$ – перечень приемников электроэнергии; P_g – потребляемая мощность токоприемников оборудования, кВт; t_g – действительный фонд времени работы оборудования, ч/год; $Ц_э$ – тариф на электроэнергию.

Затраты на потребляемую электроэнергию от АТС-33 определяются:

$$З_э = 8,8 \cdot 8760 \cdot (2,51 \cdot 18\%) = 109733 \text{ руб.}$$

Затраты на вспомогательные материалы в размере 5% от стоимости оборудования:

$$S_m = 0,05 \cdot 5.323.234 = 266162 \text{ руб.}$$

Затраты на ТО и ТР через нормативные показатели определяются по формуле:

$$S_p = \sum_{i=1}^n Ц_i \frac{a_{pi}}{100}, \quad (4.7)$$

где $i \dots n$ – перечень имеющегося оборудования; $Ц_i$ – стоимость i -го вида оборудования, руб; a_{pi} – процент отчислений на ТО и ТР, % .

$$S_p = 0,03 \cdot 5.323.234 = 159697 \text{ руб.}$$

Ущерб от аварийных отказов не ведется, поскольку технологический ущерб не имеет места, а устранение аварийных отказов учтено в затратах на ТО и ТР.

Суммарные годовые текущие издержки для первого этапа создания сети:

$$И = З + З_э + S_m + S_p, \quad (4.8)$$

$$И = 124800 + 109733 + 266162 + 159697 = 660392 \text{ руб} \approx 0,66 \text{ млн. руб.}$$

					11070006.11.03.02.667.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		95

Определение доходов предприятия

– Определение тарифных доходов

Ввод в эксплуатацию новой оптической сети GPON приведет к росту тарифных доходов при увеличении емкости и предоставлении новых видов услуг связи. Нужно рассчитать сумму планируемого общего дохода от продаж услуг связи абонентам сети связи.

Тарифные доходы делятся на:

- разовые доходы (подключение новых абонентов);
- текущие доходы (абонентская плата).

Таблица 4.2 – Доходы от подключения новых абонентов

Наименование	Стоимость подключения, руб.	Количество абонентов	Доход от подключения новых абонентов, руб.
Подключение к мультисервисным видам услуг:			
физические лица	2000	300	600000
юридические лица	4000	138	552000
ИТОГО:			1.152.000

Итак, доход от подключения составит 1,15 млн. руб./год.

$$D_{\text{подкл.}} = 1.152.000 \text{ руб. /год.}$$

Рассчитаем текущие доходы, т.е. доходы от абонентской платы за предоставляемые услуги. Расчет текущих расходов представлен в таблице 4.3:

Таблица 4.3- Текущие доходы

Годовые доходы	Количество портов		Тариф руб/год	Выручка млн. руб		
	1 год	2 год		1 год	2 год	3 год
Абонентская плата						
Интернет						
Квартирный сектор	200	200	12504	2,5	2,5	2,5
Производственный сектор	69	69	26086	1,8	1,8	1,8
IPTV						
Квартирный сектор	200	200	8000	1,6	1,6	1,6
Производственный сектор	69	69	7247	0,5	0,5	0,5
IP телефония						
Квартирный сектор	200	200	5500	1,1	1,1	1,1
Производственный сектор	69	69	6000	0,9	0,9	0,9
Видеонаблюдение						
Квартирный сектор	60	60	8400	0,8	0,8	0,8
Производственный сектор	28	28	13044	0,24	0,24	0,24
Счетчики						
Квартирный сектор	60	60	5000	0,3	0,3	0,3
Производственный сектор	28	28	7142	0,2	0,2	0,2
VPN						
Производственный сектор	10	10	25000	0,25	0,25	0,25
Итого, млн. руб.				10,19	10,19	10,19

Таким образом, выручка составит:

1 год – 11,34 млн. руб.

2 год – 11,34 млн. руб.

3 год – 11,34 млн. руб.

Валовая прибыль при этом по годам расчетного периода составит:

$$П_{в1} = 11,34 - 0,66 = 10,68 \text{ млн.руб.}$$

$$П_{в2} = 11,34 - 0,66 = 10,68 \text{ млн.руб.}$$

$$П_{в3} = 11,34 - 0,66 = 10,68 \text{ млн.руб.}$$

Чистая прибыль с учетом налога:

$$П_1 = 11,34 \cdot \left(1 - \frac{20}{100}\right) = 9,07 \text{ млн.руб.}$$

$$П_2 = 11,34 \cdot \left(1 - \frac{20}{100}\right) = 9,07 \text{ млн.руб.}$$

$$П_3 = 11,34 \cdot \left(1 - \frac{20}{100}\right) = 9,07 \text{ млн.руб.}$$

В случае если к концу расчетного периода остается часть недоамортизированных основных фондов необходимо включить их остаточную стоимость в расчет ЧДД в виде составляющего денежного потока на последнем шаге расчетного периода. Остаточная стоимость основных фондов ориентировочно можно определить по формуле:

$$C_o = \sum_{x=1}^y C_x (1 - a_x t / 100), \quad (4.9)$$

где $x...y$ – перечень имеющихся основных фондов (здания, оборудование и т.д.); C_x – первоначальная стоимость основных фондов x -го вида; a_x – норма амортизационных отчислений по x -м основным фондам, %; t – срок службы до завершения рассматриваемого расчетного периода, лет.

Остаточная стоимость основных фондов в конце последнего года расчетного периода с учетом того, что норматив амортизационных отчислений для стационарных сооружений $a = 3,3\%$ по формуле (4.9):

$$C_o = 4,7 \cdot \left(1 - \frac{3,3 \cdot 2}{100}\right) = 4 \text{ млн. руб.}$$

					11070006.11.03.02.667.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		98

Таким образом, существует следующий денежный поток:

0 шаг (дисконтированные капиталовложения) -18 млн. руб.

1 шаг 11,34 млн. руб.

2 шаг 11,34 млн. руб.

3 шаг 11,34 млн. руб.

Аналитическое выражение для определения ЧДД имеет следующий вид:

$$\text{ЧДД} = -K + \frac{P_1}{(1+E)} + \frac{P_2}{(1+E)^2} + \frac{P_3}{(1+E)^3} + \dots + \frac{P_n}{(1+E)^n}, \quad (4.10)$$

где K – инвестиции, необходимые для реализации проекта; P_1, P_2, \dots, P_n – чистая прибыль, получаемая по отдельным годам от реализации проекта; E – норматив приведения затрат к единому моменту времени (норма дисконта).

Чистый дисконтированный доход по формуле (4.8) при норме дисконта

20% (0,2) составит:
$$\text{ЧДД} = -18 + \frac{11,34}{(1+0,2)} + \frac{11,34}{(1+0,2)^2} + \frac{11,34}{(1+0,2)^3} = 5,88 \text{ млн.руб.}$$

Поскольку ЧДД > 0, то проект эффективен.

Величина дохода за первые 3 года составит 34 млн. руб., что больше величины дисконтированных капиталовложений (18 млн. руб.).

Тогда срок окупаемости рассчитывается следующим образом:

$$PP = 1 + \frac{18 - 9}{9} = 3 \text{ года}$$

Рентабельность проекта

$$PI = 9 / (18 + 0.66 + 0.235) * 100 = 47.6\%$$

Таблица 4.4 – Основные технико-экономические показатели проекта

Наименование показателей	Значения показателей
Объем капитальных вложений в проект, руб.	18 000 000
Годовые эксплуатационные расходы, руб., в том числе:	660 392
ФОТ	124800
Затраты на ТО и ТР	159697
Затраты на потребляемую электроэнергию	109733
Затраты на вспомогательные материалы	266162
Амортизационные отчисления	235000
Количество абонентов, чел.	Физ. Лица – 300; Юр. Лица - 138
Срок окупаемости	3 года
Рентабельность	47%

5 ОХРАНА ТРУДА И ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ

Охрана труда – это система законодательных, социально-экономических, организационных, технических, санитарно-гигиенических и лечебно-профилактических мероприятий и средств, обеспечивающих безопасность, сохранение здоровья и работоспособность человека в процессе труда.

Задача обеспечения охраны труда должна решаться на всех стадиях разработки, создания и эксплуатации систем связи, так как создание безопасной техники, обеспечение безопасности, сохранение здоровья человека невозможно без учета этих факторов уже на ранних стадиях проектирования.

Организация ОТ на предприятиях связи

В соответствии с законодательством РФ (статья 212) о труде ответственность за состояние ОТ возлагается на работодателя, администрацию предприятий, учреждений и организаций.

В отрасли связи утверждена Номенклатура мероприятий по охране труда и технике безопасности на предприятиях и организациях Министерства Российской Федерации по связи и информатизации. Министерство разрабатывает отраслевые нормы и рекомендации по охране труда, технике безопасности в отрасли связи, анализирует несчастные случаи, происшедшие в отрасли связи, разрабатывает методические рекомендации по определению уровня механизации и тяжести ручного труда, отраслевые нормы гигиенических факторов, а также участвует в составлении технических условий и технических заданий на разрабатываемые оборудование и аппаратуру, в работе по приему в эксплуатацию новых образцов техники, ведет работу по разработке и внедрению ССБТ в отрасли.

Практическую работу по охране труда ведут на предприятиях руководители предприятий, начальники структурных подразделений, или инженеры по охране труда (в зависимости от численности работников предприятия), которые совместно с профсоюзным комитетом предприятия

					11070006.11.03.02.667.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		101

разрабатывают текущие и перспективные планы улучшения условий труда, а также мероприятия по устранению причин травматизма и заболеваний; проверяют соблюдение и выполнение руководителями участков, отделов, цехов и других производственных подразделений правил, инструкций по ОТ, постановлений и распоряжений вышестоящих организаций по охране труда; организуют систематические занятия по повышению уровня знаний по охране труда, проведение вводного инструктажа по ТБ для вновь поступающих на работу; участвуют в рассмотрении проектов строительства, реконструкции, капитального ремонта цехов и бытовых помещений; участвуют в расследовании несчастных случаев, их регистрации и учете, выявлении виновных лиц, осуществлении профилактических мероприятий; составляют статистические отчеты о пострадавших при несчастных случаях, связанных с производством и так далее.

При заключении ежегодного коллективного договора в его обязательную часть включаются вопросы, связанные с улучшением ОТ и ТБ, оздоровлением условий труда рабочих и служащих, снижением заболеваемости и травматизма, использованием ассигнований на лечебно-профилактические, оздоровительные мероприятия и т.п.

В целях усиления контроля за состоянием условий труда на предприятиях связи осуществляется трехступенчатый контроль за состоянием ОТ.

Ежедневно бригадир совместно с общественным инспектором проверяет состояние рабочих мест, исправность оборудования и защитных приспособлений. Еженедельно начальник цеха совместно со старшим общественным инспектором проводит проверку состояния охраны труда в цехе. Результаты проверки фиксируются в журнале трехступенчатого контроля.

Ежемесячно главный инженер и инженер по ОТ и ТБ проверяет состояние охраны труда в целом по предприятию. Результаты проверки оформляются приказом по предприятию.

					11070006.11.03.02.667.ПЗВКР	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		102

Вне зависимости от характера и степени опасности производства на всех предприятиях и в организациях осуществляется обучение всех работающих безопасным методом труда.

Порядок организации обучения, работающих регламентируется ГОСТ 12.0.004-79 «Организация обучения работающих безопасности труда. Общие положения».

Характеристика помещения АТС-33

Часть оборудования оптической сети GPON рассчитано на установку в стационарных отапливаемых помещениях. Для отвода тепла, выделяемого при работе оборудования комплекса, с целью поддержания необходимого микроклимата необходимо оборудование помещений приточно-вытяжной вентиляцией с кондиционированием. Подаваемый воздух должен предварительно подвергаться тщательной фильтрации.

Таблица 5.1 – Характеристики помещений для установки оборудования оптической сети GPON

Условия окружающей среды	
Эксплуатация	0...40°C, 5%...90% отн.влажн., согласно ETS 300 019-1-3, класс 3.1
Складирование	-35...45°C, 5%...95% отн.влажн., согласно ETS 300 019-1-1, класс 1.1
Транспортировка	согласно ETS300019-1-2, класс 2.1
Защита от грозовых разрядов	согласно рекомендации К.20 МСЭ-Т
Защита от перенапряжения	согласно IEC 950
Защита от RFI (радиопомех)	согласно IEC CISPR публикация 22, класс В
Электромагнитная совместимость	согласно EN55022 (помехи)
	согласно EN50082 (помехозащищенность)

Помещения должны удовлетворять следующим дополнительным требованиям:

- дверные и оконные рамы должны плотно закрываться и защищать помещение от проникновения пыли и газов;
- исключается попадание прямых солнечных лучей на оборудование, для чего на окнах должны быть установлены жалюзи ,либо занавеси;
- бетонные поверхности должны быть покрашены;
- пол покрыт антистатическим линолеумом;
- дверные (или оконные) проемы должны соответствовать размеру статива в контейнере, чтобы подавать стативы в помещение автозала в вертикальном положении;
- неровности пола не должны превышать 1.5 см.

В автозале предусматривается помещение для размещения панели индикации, аккумуляторных батарей, стационарного пульта управления, чтобы обслуживающий персонал как можно меньше находился в помещении автозала, дополнительно защищая тем самым оборудование от пыли и грязи.

Охрана труда при работе на персональном компьютере.

Управление системами передачи оптической сети GPON осуществляется с помощью персонального компьютера. При работе на персональном компьютере должны выполняться следующие общие инструкции /13/:

К работе на персональном компьютере допускаются лица, прошедшие обучение безопасным методам труда, вводный инструктаж, первичный инструктаж на рабочем месте.

При эксплуатации персонального компьютера на работника могут оказывать действие следующие опасные и вредные производственные факторы:

- повышенный уровень электромагнитных излучений;
- повышенный уровень статического электричества;
- пониженная ионизация воздуха;
- статические физические перегрузки;
- перенапряжение зрительных анализаторов.

Работник обязан выполнять только ту работу, которая определена его должностной инструкцией; содержать в чистоте рабочее место; соблюдать режим труда и отдыха в зависимости от продолжительности, вида и категории трудовой деятельности.

Рабочие места с компьютерами должны размещаться таким образом, чтобы расстояние от экрана одного видеомонитора до тыла другого было не менее 2,0 м, а расстояние между боковыми поверхностями видеомониторов - не менее 1,2 м.

Рабочие места с персональными компьютерами по отношению к световым проемам должны располагаться так, чтобы естественный свет падал сбоку, преимущественно слева.

Оконные проемы в рабочих помещениях должны быть оборудованы регулируемыми устройствами типа: жалюзи, занавесей, внешних козырьков и др.

Рабочая мебель для пользователей компьютерной техникой должна отвечать следующим требованиям:

– высота рабочей поверхности стола должна регулироваться в пределах 680-800 мм; при отсутствии такой возможности высота рабочей поверхности стола должна составлять 725 мм;

– рабочий стол должен иметь пространство для ног высотой не менее 600 мм, глубиной на уровне колен — не менее 450 мм и на уровне вытянутых ног — не менее 650 мм;

– рабочий стул (кресло) должен быть подъемно-поворотным и регулируемым по высоте и углам наклона сиденья и спинки, а так же - расстоянию спинки от переднего края сиденья;

– рабочее место должно быть оборудовано подставкой для ног, имеющей ширину не менее 300 мм, глубину не менее 400 мм, регулировку по высоте в пределах до 150 мм и по углу наклона опорной поверхности подставки до 20 градусов; поверхность подставки должна быть рифленой и иметь по переднему краю бортик высотой 10 мм;

					11070006.11.03.02.667.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		105

– рабочее место с персональным компьютером должно быть оснащено легко перемещаемым пюпитром для документов.

Работнику при работе на ПК запрещается:

– прикасаться к задней панели системного блока при включенном питании;

– переключать разъемы интерфейсных кабелей периферийных устройств при включенном питании;

– допускать попадание влаги на поверхность системного блока, монитора, рабочую поверхность клавиатуры и других устройств;

– производить самостоятельное вскрытие и ремонт оборудования;

– работать на компьютере при снятых кожухах.

Продолжительность непрерывной работы с компьютером без регламентированного перерыва не должна превышать 2-х часов.

Во всех случаях обрыва проводов питания, неисправности заземления и других повреждений, появления гари, немедленно отключить питание и сообщить об аварийной ситуации руководителю.

Электроосвещенность.

Свет является одним из важнейших условий существования человека. Он влияет на состояние организма, правильно организованное освещение стимулирует протекание процессов высшей нервной деятельности и повышает работоспособность человека. При недостаточном освещении человек работает менее продуктивно, быстро устает, растет вероятность ошибочных действий, что может привести к травматизму. Данные статистики говорят, что причиной 5% несчастных случаев является плохое освещение.

Спектральный состав света влияет на производительность труда. Исследования показывают, что если выработку человека при естественном освещении принять 100 %, то при красном и оранжевом освещении она составит лишь 76 %.

					11070006.11.03.02.667.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		106

Освещение рабочих поверхностей производственных помещений должно удовлетворять следующим условиям:

- уровень освещенности рабочих поверхностей должен соответствовать нормам для данного вида работы;
- должны быть обеспечены равномерность и устойчивость уровня освещенности в помещении, отсутствовать резкие контрасты между освещенностью рабочих поверхностей и окружающим пространством;
- в поле зрения не должно создаваться блеска источниками света и другими предметами;
- искусственный свет используемый на предприятиях, по своему спектральному составу должен приближаться к естественному.

Для освещения автозала АТС-33 используются люминесцентные лампы которые обладают рядом достоинств, по сравнению с другими источниками света:

- высокая световая отдача (до 750 лм/Вт);
- продолжительный срок службы (до 10 000 ч);
- благоприятный состав света;
- малая яркость светящихся поверхностей.

Используется система комбинированного освещения, которая предназначена для освещения рабочих мест и состоит из общего и местного освещения. Светильники общего освещения располагают на штангах, в верхней зоне помещения. Светильники местного освещения устанавливаются непосредственно на стativaх оборудования оптической сети GPON.

Оборудование стativaов комплектуется производителем лампами дневного света типа ЛДЦ-40 для местного освещения рабочих поверхностей. Общее освещение автозала осуществляется лампами ЛДЦ-40, расчет количества которых определяется исходя из площади автозала. Освещенность создаваемая светильниками общего освещения должна составлять 200 лк.

					11070006.11.03.02.667.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		107

Световой поток Φ_l , создаваемый люминесцентными лампами низкого давления типа ЛДЦ-40, составляет 2200 лм, таким образом количество ламп N необходимых для освещения автозала АТС-33 площадью 32 кв.м определится:

$$N_n = k \cdot E_0 / E_n \quad (5.1)$$

где k - коэффициент запаса (снижение освещенности в процессе эксплуатации установки: загрязнение светильников, старение ламп); E_0 - нормируемая минимальная освещенность; E_n - освещенность создаваемая одной лампой на кв.м площади, определяемая:

$$E_n = \Phi_n / S, \text{ лк} \quad (5.2)$$

где S - площадь помещения.

Коэффициент запаса k для помещений с особым режимом по чистоте воздуха имеет значение 1,4.

На основании вышеизложенного определяется количество ламп, необходимых для освещения автозала:

$$N'_n = 1,4 \cdot 200 \cdot \frac{32,3}{2200} \approx 5 \text{ (ламп)}.$$

Для помещения кросса:

$$N''_n = 1,4 \cdot 200 \cdot \frac{32,3}{2200} \approx 3 \text{ (ламп)}.$$

Для помещений с нормальными условиями труда, используются светильники типа ЛДОР, в которых устанавливается по 2 лампы типа ЛДЦ-40, таким образом, для размещения 5 ламп необходимо 4 светильников для автозала, а для помещения кросса исходя из количество 3 ламп необходимо 2 светильника. Светильники устанавливаются равномерно по площади помещений.

Санитарно-гигиенические условия.

Условия труда - это совокупность факторов производственной среды, оказывающих влияние на здоровье и работоспособность человека в процессе труда (ГОСТ 19605-74). Условия труда должны исключать предпосылки для возникновения травм и профессиональных заболеваний.

					11070006.11.03.02.667.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		108

Санитарно-гигиенические фактор включает в себя показатели, характеризующие производственную среду рабочей зоны. Они зависят от используемого оборудования и технологических процессов. В процессе труда человек подвергается воздействию целого ряда санитарно-гигиенических факторов, которые могут вызвать нежелательные последствия, например чрезмерное повышение или понижение температуры тела, повышение давления. Для ограждения здоровья человека от воз действия вредных факторов необходимо создавать микроклимат , сочетание параметров которого при длительном воздействии на человека обеспечивают сохранение нормального теплового баланса, тем самым создают ощущение теплового комфорта. Технические требования к микроклимату необходимые для оптимального функционирования АТС-33, соответствуют требованиям, предъявляемым к помещениям для работы обслуживающего персонала на предприятиях связи.

Пожарная безопасность.

Мероприятия, устраняющие причины пожаров и взрывов, подразделяются на технические, эксплуатационные, организационные и режимные. К техническим мероприятиям относится соблюдение противопожарных норм при сооружении зданий, устройстве отопления и вентиляции, выборе и монтаже электрооборудования, устройстве молниезащиты. Эксплуатационные мероприятия подразумевают правильную эксплуатацию производственного оборудования, электрооборудования, правильное содержания производственных зданий и территории предприятия. К организационным мероприятиям относится обучение производственного персонала противопожарным правилам и издание необходимых инструкций и плакатов. Режимными мероприятиями является ограничение или запрещение в пожароопасных местах применение открытого огня, курения, производства электро и газосварочных работ.

Все токоведущие части, распределительные устройства, аппараты и измерительные приборы, предохранительные устройства и рубильники должны монтироваться на негорючих основаниях (мрамор, текстолит, гетинакс, асбест).

					11070006.11.03.02.667.ПЗВКР	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		109

Измерение сопротивления изоляции электросети должно проводиться в помещениях с нормальной средой один раз в год, в сырых помещениях, а так же в помещениях, где присутствуют едкие пары и газы, не реже двух раз в год. Неисправные участки сети должны обесточиваться и заменяться исправными. Металлическая кровля, а так же металлические трубы, в которых проложена электропроводка, должны быть заземлены. Вся электрическая арматура, установленная в аккумуляторных помещениях должна быть взрывобезопасной, а предохранители, штепсельные розетки и выключатели установлены вне помещения и тамбура.

На случай возникновения пожара необходимо предусмотреть возможность эвакуации людей. Эвакуационные пути должны обеспечивать эвакуацию всех людей, находящихся в помещениях предприятия связи в течении необходимого времени.

Эффективным химическим средством огнетушения является углекислота. Ручные углекислотные огнетушители ОУ-2, ОУ-5 и ОУ-8 предназначены для тушения небольших очагов пожара, применяются в закрытых помещениях и могут быть использованы в электроустановках, находящихся под напряжением, так как электропроводность углекислоты низка. При быстром испарении образуется твердая (снегообразная) углекислота, которая, при направлении в зону пожара снижает концентрацию кислорода и охлаждает горящее вещество.

Электробезопасность.

Напряжение питания оборудования GPON 60+6 В постоянного тока с заземленным плюсом (допустимо отклонение +20% на время до 5 мс). Напряжение пульсации на шинах опорного напряжения не должно превышать 5 мВ псоф во всем диапазоне токов нагрузки.

Электроприемники переменного тока, находящиеся в автозале, рассчитаны на питание от гарантированного источника однофазной сети 220В +10/-15% частотой 50 Гц+ 2% и при отклонениях от синусоидальной формы не более 8% .Расход электроэнергии по постоянному току 0,6 Вт на одного

					11070006.11.03.02.667.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		110

абонента, по переменному току 0,8 Вт и практически не зависит от нагрузки. В помещении электропитающих устройств (ЭПУ) и автозала станции должно быть оборудовано электронное и защитное заземление с параметрами по ГОСТ 461-79. Назначение заземлений следующее:

- электронная - создание нулевого потенциала логических схем;
- защитная - заземление корпусов и металлических частей оборудования

ЭАТС, которые могут оказаться под напряжением, с целью обеспечения безопасности работы обслуживающего персонала.

Соединение различных заземлений между собой должно осуществляться только в одной точке - на щитке заземления в энергозале.

Расчёт защитного заземления

Для предотвращения электрических травм, которые могут быть вызваны при касании металлических конструкций или корпусов электрооборудования, оказавшихся под напряжением, вследствие повреждения изоляции, а так же для защиты аппаратуры связи в стационарных установках проводной связи различного назначения (городских, междугородних, сельских телефонных станциях и т.д.), с целью обеспечения электробезопасности, устраивается защитное заземление.

Защитное заземление - это преднамеренное электрическое соединение с землей или ее эквивалентом металлических нетоковедущих частей, которые могут оказаться под напряжением. Такое соединение осуществляется заземляющим устройством, представляющим собой совокупность заземлителей и заземляющих проводников. Заземлителем служит один или несколько металлических проводников любой формы (труба, угол, проволока и т.д.) , находящихся в непосредственном соприкосновении с землей (грунтом). Заземляющий металлический проводник соединяет электрооборудование и аппаратуру с заземлителем .

При замыкании на корпус напряжение.

$$U_3 = I_3 \cdot R_3, \text{ В} \quad (5.3)$$

					11070006.11.03.02.667.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		111

где I_3 - ток замыкания на землю;

R_3 - сопротивление заземляющего устройства.

При достаточно малом сопротивлении заземляющего устройства это напряжение на корпусе может быть снижено до безопасной величины.

Расчет системы заземления сводится к определению необходимого количества заземлителей с учетом использования естественных заземлителей (свинцовых оболочек кабелей, металлических трубопроводов и т.п.).

Определяются сопротивление контура заземления, выполненного из стальной трубы диаметром $d = 50$ мм и длиной $L = 2.5$ м, забитых в землю на глубину $l_0 > 0.5$ м рисунок 5.1.

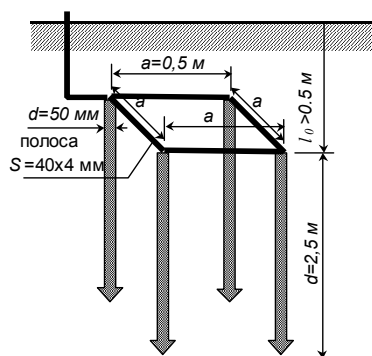


Рисунок 5.1 – Схема контура заземления.

Расстояние между трубами $a = 5$ м. Трубы соединены при помощи сварки стальной полосой сечением 40x4 мм.

Определяется сопротивление одиночного заземлителя по формуле :

$$R_o = \rho / 2\pi L (\ln 2L / d + \ln(4h+L) / (4h-L)) , \quad (5.4)$$

где d - длина заземлителя (м);

h - диаметр заземлителя (м);

L - расстояние от поверхности земли до середины трубы (м), так как уголкового заземлителя имеет длину $L = 2.5$ м, то $h = l_0 + L/2 = 1.75$ (м);

ρ - удельное сопротивление грунта (Ом * м), определяется по формуле:

$$\rho = \rho_0 \cdot \Psi , \quad (5.5)$$

где ρ_0 - удельное сопротивление грунта (суглинок).

$$\rho_0 = 100 \text{ Ом} \cdot \text{м}$$

$\psi = 1.3$ - климатический коэффициент.

Подставив данные в выражение 5.4. нужно вычислить сопротивление одиночного заземлителя, получается:

$$R_0 = 44.3 \text{ Ом.}$$

Для снижения этого сопротивления, необходимо использовать несколько заземлителей. Необходимое количество заземлителей для получения требуемого сопротивления $R_3 < 4 \text{ Ом}$ (для электроустановок до 1000В) определяется по формуле:

$$n = R_0 / \eta_3 \cdot R_3 \quad (5.6)$$

где η_3 - коэффициент использования заземлителей. Расстояние между одиночными заземлителями берем $a = 5 \text{ м}$, тогда

$$a / L = 2.$$

определим $\eta_3 = 0.75$ при размещении заземлителей в ряд:

$$n = 44,3 / 0,75 \cdot 4 = 12 \text{ (заземлителей)}. \quad (5.7)$$

Учитывая, что число заземлителей $n = 15$, определяется длину соединительной полосы. Полосовая сталь проложена на глубину 1 м.

$$ln = (n - 1) \cdot a = (15 - 1) \cdot 2 = 28 \text{ м.} \quad (5.8)$$

Далее определяется сопротивление соединительной полосы по формуле:

$$R_n = (\rho / 2\pi \cdot ln) \cdot (\ln(ln^2 / 0,5 \cdot b \cdot t)), \text{ Ом} \quad (5.9)$$

где $b = 0,04 \text{ м}$ - ширина полосы ;

$t = 1$ - глубина проложения соединительной полосы. Подставив значения получается :

$$R_n = 7.82 \text{ Ом.}$$

Тогда, общее сопротивление заземляющего устройства из 15 заземлителей:

$$R_{is} = \frac{R_0 \cdot R_n}{R_0 \cdot \eta + R_n \cdot \eta_3 \cdot n}, \text{ Ом} \quad (5.10)$$

					11070006.11.03.02.667.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		113

где $\eta=0,71$ (определенное по методу интерполяции значение коэффициента использования горизонтального полосового элемента при числе заземлителей $n = 15$, $R_{ls}=2,8 \text{ Ом}$. Расчетное заземление удовлетворяет условию: $R_{ls} = 2.8 \text{ Ом} < 4 \text{ Ом}$.

Техника безопасности при монтаже оптических муфт.

При монтаже муфт на оптическом кабеле необходимо руководствоваться «Правилами по охране труда при работах на кабельных линиях связи и проводного вещания (радиофикации)» и «Паспортом на устройство для сварки оптических волокон».

При разделке оптического кабеля для его отходов должен быть специальный ящик. Нельзя допускать, чтобы ОВ попадали на пол, монтажный стол и спецодежду монтажников. Это может привести к ранению оптическими волокнами незащищенных участков рук во время выполнения других работ и при уборке рабочего места.

Некоторые герметики являются токсичными. Поэтому нужно руководствоваться инструкцией по работе с ними.

При работе со сварочным аппаратом запрещается визуально наблюдать за лазерным лучом в волокне.

Воздействие лазерного излучения на человека может вызвать поражения кожи и глаз.

Первая помощь при повреждении роговой оболочки глаз или повреждении кожи заключается в наложении стерильной повязки и последующем обращении к врачу.

					11070006.11.03.02.667.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		114

Требования безопасности при монтаже и эксплуатации ВОЛП, оконечного кабельного оборудования и оптических разъемных соединителей.

Общие требования.

Монтаж оконечных устройств ОК и установка разъемных оптических соединителей может производиться как на вновь строящихся сооружениях и объектах связи, так и на уже находящихся в эксплуатации. При этом необходимо строго соблюдать требования безопасности эксплуатации ВОЛП. В ВОЛП должны быть предусмотрены меры безопасности, в зависимости от уровня опасности оптического излучения. Производитель аппаратуры линейного тракта (АЛТ) ответственен за определение уровня опасности и за соблюдение производственных требований.

Если в ВОЛП произведены какие-либо изменения, которые могут повлиять на уровни опасности, то должна быть заново оценена степень опасности путем проведения испытаний и измерений, необходимых для подтверждения соблюдения производственных требований, и если уровень опасности изменился, то это необходимо указать, выполнив перемаркировку.

Производители АЛТ ответственны за оценку уровня опасности и за соблюдение всех производственных требований и правил безопасности.

В точках с уровнями опасности выше 3А требования к ОК должны выполняться при помощи дополнительных механических мер защиты.

Во всех системах, в которых есть доступ к оптическим разъемным соединителям для их разъединения должен использоваться специальный инструмент, если степень опасности может превысить уровень опасности kx3А.

Оптические разъемные соединители должны размещаться так, чтобы препятствовать доступу человека в область с высоким уровнем опасности.

					11070006.11.03.02.667.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		115

ОК должны иметь соответствующую маркировку, чтобы отличать их от кабелей другого назначения.

Каждый оптический разъемный соединитель должен быть отмечен трубкой, меткой или лентой, если степень опасности в месте его установки превышает первый уровень опасности. Трубка, метка или лента должны быть желтого цвета с биркой и указанием уровня опасности.

Группу оптических разъемных соединителей допускается маркировать ясно видимой биркой на месте опасного оптического излучения, а не индивидуальными бирками каждого оптического разъемного соединителя.

Если группа оптических разъемных соединителей заключена внутри блока, то маркировка должна быть хорошо видна перед и после открывания панели крышки блока, что может потребовать использование более одной бирки.

Требования безопасности при выполнении работ по техническому обслуживанию в процессе эксплуатации ВОЛП.

Перед работами на любом ОК или АЛТ технический персонал должен проверить режим работы АЛТ и уровень опасности. В случае, если АЛТ смонтирована и включена, это будет обозначено предупреждающей маркировкой о соответствующем уровне опасности. Во время пуско-наладочных работ, когда эти меры не могут еще быть обеспечены, при их отсутствии следует руководствоваться мерами предупреждения, соответствующими классификации любого испытательного оборудования, содержащего оптический источник, подсоединяемый к ОВ.

Технический персонал не должен непосредственно смотреть на любой торец ОВ, по которому передается излучение, или торец соединителя в точках с уровнем опасности 3А, к х 3А или 3В. В точках с уровнем опасности 3А, к х 3А или 3В должны использоваться средства наблюдения с соответствующим затуханием.

					11070006.11.03.02.667.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		116

При производстве работ на открытых волокнах, оптических разъемных соединителях и так далее. оборудование ВОЛП или испытательное оборудование должно быть выключено, находиться в состоянии передачи малой мощности или отсоединено. В этом случае непреднамеренное включение должно предотвращаться с помощью переключателя дистанционного управления или с помощью другого подходящего метода. Состояние ВОЛП (питание включено или выключено) должно быть четко обозначено.

Замена блоков, отключение разъемов и осмотр монтажа должны проводиться при отключенном напряжении питания.

При работе с ОВ его отходы при разделке (сколе) должны собираться в отдельный ящик. После окончания монтажа рекомендуется освободить ящик в отдельно отведенном месте или закапывать отходы в грунт. Следует избегать попадания остатков ОВ на одежду. Работу рекомендуется проводить в клеенчатом фартуке.

Рабочее место и пол после разделки ОВ обработать пылесосом и затем протереть мокрой тряпкой. Отжим тряпки следует производить в плотных резиновых перчатках.

При измерении мощности оптического излучения на выходе передающих устройств, присоединение измерителя мощности к оптическому разъемному соединителю передающего устройства проводить при отключенном оптическом излучателе.

В оборудовании ВОЛП и в специализированных измерительных приборах оптические излучатели должны быть закрыты заглушками, если к ним не подключен ОК.

					11070006.11.03.02.667.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		117

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Развертываемые, в настоящее время, оптоволоконные сети доступа базируются на различных архитектурах и технологиях. И хотя каждая схема развертывания сети FTTH имеет свои достоинства, велик риск того, что экономия в краткосрочной перспективе на затратах в оптоволоконную инфраструктуру при использовании архитектуры FTTH на базе PON уже в обозримом будущем может существенно ограничить ее использование. В данном проекте предлагались несколько вариантов построения новой мультисервисной сети в зоне действия АТС-33 г. Белгорода, которая удовлетворила бы высокие требования быстроразвивающегося информационного общества. Был выбран вариант проектирования сети с использованием технологии пассивных оптических сетей GPON, как более удобным и перспективным. GPON предоставляет наиболее эффективный способ поддержки большого числа географически разнесенных пользователей, обладающих самыми различными сетевыми возможностями и требованиями к скорости доступа, с помощью единственного оптического выноса.

Для построения оптической МСС GPON было выбрано использование оборудования Huawei GPON. Оборудование Huawei обладает рядом уникальных характеристик, которые позволят компании поддерживать современные высокоскоростные широкополосные сервисы, обеспечивая абонентов широчайшим спектром услуг, начиная от телефонии и предоставления доступа к сети Интернет до многоадресной передачи, объединения частных сетей и предоставления видеосервисов (IPTV). Необходимо отметить, что наряду с повышением качества услуг связи это позволит сделать услуги операторов более доступными, ведь стоимость оптических абонентских терминалов компании Huawei не отличается от стоимости «медных» HDSL модемов.

На основе четкого понимания технологии GPON и приложений оптической связи, были разработаны:

					11070006.11.03.02.667.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		118

- Серия решений ODN для высотных, многоэтажных офисных зданий и коттеджей, а также соответствующие средства интеграции (выбор пассивного оборудования и разновидности линейных сооружений);

- Технология предоставления услуг, включая планирование сети, разработку подробной архитектуры сети, интеграцию оборудования, исполнение проекта и последующие эксплуатацию.

Для осуществления передачи трафика по оптической сети GPON используется транспортный протокол - GFP (generic framing protocol). Нисходящий поток - 1490 нм, 2,4 Гбит/с или 1,2 Гбит/с. Восходящий поток - 1310 нм, 1,2 Гбит/с или 622 Мбит/с. В участке сети абонентского доступа от ONU до квартир и до коммутаторов коммунальных услуг в подъездах зданий будет использоваться кабель витая пара (UTP), категория 5, а оптическая сеть GPON будет построена с использованием трех видов оптических кабелей (4, 8, 16 волокон) и патчкордов и с оборудованием Huawei GPON. После проведения расчетов экономических показателей было доказано, что проект является эффективным и срок окупаемости - 3 года.

Выполняются задачи обеспечения охраны труда на всех стадиях разработки, создания и эксплуатация сети связи, так как создание безопасной техники, обеспечение безопасности, сохранение здоровья человека.

					11070006.11.03.02.667.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		119

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1.Гроднев И.И., Мурадян А.Г., Шарафутдинов Р.М. и др. «Волоконно-оптические системы передачи и кабели». Справочник, «Радио и связь», М., 1993.

2.Андреев В.А., Бурдин В.А., Попов В.В., Польшаков А.И. Строительство и техническая эксплуатация волоконно-оптических линий связи. Учебник для ВУЗов - М., Радио и связь, 1995.

3.Алексеев Е.Б. Особенности внедрения ВОСП на ВСС РФ, «Вестник связи», 1995, № 2.

4.Алексеев Е.Б., Заркевич Е.А., Макеев О.Н., Устинов С.А. Концепция развития современных высокоскоростных ВОСП, «Электросвязь», 1996, № 9.

5.Убайдуллаев Р.Р. «Волоконно-оптические сети». ЭКО-ТРЕНДЗ, М., 1998.

6.Алексеев Е.Б., Заркевич Е.А., Устинов С.А. Концепция построения сетей доступа ВСС РФ на элементах фотонной технологии, «Электросвязь», ! 998, № 10.

7.Алексеев Е.Б. «Принципы построения и технической эксплуатации фотонных сетей связи». Учебное пособие, ИПК МТУ СИ, ЗАО «Информсвязьиздат», М. 2000.

8.Алексеев Е.Б., Заркевич Е.А., Скляр О.К., Устинов С.А. Эволюция сети доступа на основе применения волоконно-оптических технологий, «Электросвязь», 2003, № 9.

9.Алексеев Е.Б., Заркевич Е.А., Скляр О.К., Павлов Н.М. Атмосферные оптические линии передачи на местной сети связи России и проблемы их внедрения, «Электросвязь», 2003, №9.

					11070006.11.03.02.667.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		120

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Технические характеристики кабеля UTP2-C5e-SOLID-SW-OUTDOOR-40

- Диаметр проводника (жилы): 0,51 мм (24 AWG)
- Диаметр проводника с оболочкой: 0,92 мм
- Внешний диаметр (размер) кабеля: $4,3 \pm 0,2$ мм
- Толщина внешней оболочки: 0,65 мм
- Диаметр троса: 0,92 мм
- Минимальный радиус изгиба: 4 внешних диаметра кабеля
- Удлинение жилы: не менее 14%
- Усилие на разрыв рипкорда: 10 кг
- Рабочая температура: $-40^{\circ}\text{C} - +60^{\circ}\text{C}$
- Вес 1 км кабеля: 34 кг
- Стандартная упаковка: 500 м

Таблица А.1 - Электрические характеристики кабеля UTP2-C5e-SOLID-SW-OUTDOOR-40

Час тота, МГц	R L	Затух ание, дБ	N EXT, дБ	PSNE XT, дБ	ELFE XT, дБ	PSELFЕ XT, дБ
0.77 2		1.8	67. 0	64.0		
1.0	2 0.0	2.0	65. 3	62.3	63.8	60.8
4.0	2 3.0	4.0	56. 3	53.3	51.7	48.7
8.0	2 4.5	5.8	51. 8	48.8	45.7	42.7
10.0	2 5.0	6.5	50. 3	47.3	43.8	40.8
16.0	2	8.2	47.	44.3	39.7	36.7

Окончание таблицы А.1

	5.0		3				
20.0	2 5.0	9.3	45. 8	42.8	37.7	34.7	
25.0	2 4.3	10.4	44. 3	41.3	35.8	32.8	
31.2	2 3.6	11.7	42. 9	39.9	33.9	30.9	
62.5	2 1.5	17.0	38. 4	35.4	27.8	24.8	
100.	2 0.1	22.0	35. 3	32.3	23.8	20.8	

Максимальное сопротивление проводника при температуре 20°С	9.38 Ом/100 м
Дисбаланс сопротивления	5%
Емкостной дисбаланс пары по отношению к земле	330 пФ/100м
Сопротивление на частоте 0.772-100 МГц	85-115 Ом
Максимальная рабочая емкость	5.6 нФ/м
Проба на искру	2.5 кВ

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Таблица Б.1 – Физические характеристики кабеля СПЛ-06-8Е 9,5/125

Механические характеристики:	
Стойкость к статическим растягивающим усилиям	2,7 кН
Стойкость к динамическим растягивающим усилиям	Более 15%, чем к статическим
Стойкость к раздавливающим усилиям	0,5 кН/см
Минимальный радиус изгиба	20 внешних диаметров кабеля
Массогабаритные характеристики:	
Внешний диаметр кабеля	15 мм
Расчетная масса километра кабеля, не более	220 кг
Климатические характеристики:	
Рабочая температура	-60 °С : +70 °С
Температура монтажа	-10 °С : +50 °С
Температура транспортировки и хранения	-50 °С : +50 °С

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Таблица В.1 – Физические характеристики кабеля СПЛ-06-16Г 62,5/125

Механические характеристики:	
Стойкость к статическим растягивающим усилиям	2,7 кН
Стойкость к динамическим растягивающим усилиям	Более 15%, чем к статическим
Стойкость к раздавливающим усилиям	0,5 кН/см
Минимальный радиус изгиба	20 внешних диаметров кабеля
Массогабаритные характеристики:	
Внешний диаметр кабеля	15 мм
Расчетная масса километра кабеля, не более	220 кг
Климатические характеристики:	
Рабочая температура	-60 °С : +70 °С
Температура монтажа	-10 °С : +50 °С
Температура транспортировки и хранения	-50 °С : +50 °С

					11070006.11.03.02.667.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		124