

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	
1. Технология xPON.....	
1.1. Общие сведения о пассивных оптических сетях.....	
1.2. Виды сетей xPON.....	
1.3. Преимущества сетей xPON.....	
2. Построение сетей xPON.....	
2.1. Топология сетей xPON.....	
2.2. Резервирование оптических волокон.....	
2.3. Кабели для построения сетей xPON.....	
2.4. Пассивные оптические элементы.....	
3. Расчет оптического бюджета.....	
4. Расчет стоимости организации сети xPON.....	
5. Охрана труда.....	
5.1. При обслуживании оптического волокна.....	
5.2. При строительстве оптических сетей.....	
5.3. При прокладке оптического волокна.....	
Заключение.....	
Литература.....	

					БКУТ 370232 КПТ ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Организация телекоммуникационной сети по технологии GPON	Лит.	Лист	Листов
Разраб.	Бабич							
Провер.	Карпович							
Н. Контр.	Родзевич					БК-411		
Утв.	Ключникова							

ВВЕДЕНИЕ

Стремительное развитие информационных технологий не могли удовлетворить существующие способы связи, общество постепенно интегрировалось в информационное поле, что требовало новых подходов к выбору способов и методов коммуникации.

Теоретические разработки ученых и первые эксперименты доказали, что возможность трансляции информационного потока с использованием света существенно эффективнее, чем передача сигнала посредством радиоволн в различных диапазонах.

Первые рабочие разработки были предложены в 1966 г. - ученые показали кабель из обыкновенного стекла. Первый волоконно-оптический кабель связи имел очень большой коэффициент затухания, что было неприемлемым. Исследования продолжались, но оставалось две основных проблемы - что использовать в качестве носителя сигнала и каким должен быть источник света для максимально эффективной передачи большого объема информации с минимальными потерями. Решение нашлось в 70-х годах прошлого века, когда были изобретены новые лазеры и появились новые материалы в качестве основы для кабеля. За последующие неполные полвека строительство волоконно-оптических линий связи стремительно развивалось: в 1988 г. была завершена прокладка первой масштабной линии связи между Японией и США; в 2003 г. впервые была достигнута скорость передачи сигнала около 11 Тбит/с; в 2009 г. испытания в области скоростной передачи данных преодолели новый рубеж - ученым удалось транслировать поток 15,5 Тбит/с без потери скорости на расстояние около 7000 км. Исследования продолжаются, во всем мире происходит прокладка волоконно-оптических линий связи, которые позволяют передавать большие объемы информации на значительные расстояния.

Волоконно-оптическая связь является новой технологией передачи информации на значительные расстояния без потери качества сигнала. Информация транслируется по специальному кабелю, а в качестве среды распространения выбраны колебания электромагнитного поля в инфракрасном оптическом диапазоне. Благодаря своей колоссально пропускной способности, волоконно-оптические линии связи не имеют аналогов среди других способов передачи больших объемов информации. Связь по оптическим кабелям (ОК) является одним из главных направлений научно-технического прогресса.

Оптические кабели используются не только для организации телефонной городской и междугородной связи, но и для кабельного

					БКУТ 370232 КПТ ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

телевидения, видео телефонирования, радиовещания, вычислительной техники, технологической связи и т.д.

В мире идет интенсивный процесс совершенствования, как оптических кабелей, так и оптоэлектронной аппаратуры. Получили широкое распространение оптические кабели с одномодовыми волокнами. Осваиваются новые диапазоны инфракрасного диапазона и новые материалы с малыми потерями.

Разрабатываются широкополосные системы передачи информации на большие расстояния. Ведется строительство ВОЛС различного назначения: городских, зонавых, магистральных.

Волоконно-оптические системы связи получили широкое распространение по всему миру, постепенно вытесняя другие проводные способы передачи данных благодаря своим особенностям и уникальным характеристикам. Более подробно рассмотрим некоторые ключевые моменты: пропускная способность (это одна из основных характеристик, которая важна для линии связи; потенциал одного канала позволяет выйти на объем в несколько Тбит/с); универсальность (по оптическому кабелю можно передавать сигналы различной модуляции); минимальный коэффициент затухания (благодаря этому качеству, длина участка сети без использования дополнительных ретрансляторов или усилителей может достигать до 100 км); безопасность данных (к волоконно-оптической линии практически невозможно подключиться злоумышленнику - в случае физического нарушения целостности канала сигнал перестанет проходить сквозь кабель, а надежное кодирование уберезет от перехвата информации при помощи программных средств); пожарная безопасность (благодаря своему строению и используемым материалам, оптико-волоконные кабели не поддерживают горение и не приводят к образованию искры); экономическая выгода (несмотря на то, что стоимость прокладывания линии довольно высокая, она все равно будет дешевле и качественнее, чем традиционное соединение с использованием медного кабеля; дополнительно стоит учесть минимальные расходы на усилители сигнала, особенно, если речь идет о больших участках магистралей); надежность и долговечность (при использовании соединения в стандартных климатических условиях, срок службы кабеля и соединительного оборудования будет примерно в два раза больше, чем при эксплуатации медного кабеля). Благодаря этим преимуществам линии связи на основе оптико-волоконных соединений пользуются большой популярностью в наше время по всему миру. Осваиваются более высокие скорости передачи информации, позволяющие передавать большие объемы данных. Находят применение системы передачи синхронной цифровой

					БКУТ 370232 КПТ ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

иерархии (СЦИ), которая обладает существенными преимуществами по сравнению с системами предшествующих поколений, позволяет полностью реализовать возможности волоконно-оптических и радиорелейных линий передачи и создавать гибкие, удобные для эксплуатации и управления сети, гарантируя высокое качество связи. Таким образом, концепция SDH позволяет оптимально сочетать процессы высококачественной передачи цифровой информации с процессами автоматизированного управления, контроля и обслуживания сети в рамках единой системы.

Системы СЦИ обеспечивают скорости передачи от 155 Мбит/с и выше и могут транспортировать как сигналы существующих цифровых систем (например, распространённых на городских сетях ИКМ-30), так и новых перспективных служб, в том числе широкополосных. Аппаратура СЦИ является программно управляемой и интегрирует в себе средства преобразования, передачи, оперативного переключения, контроля, управления. Благодаря появлению современных волоконно-оптических кабелей оказались возможными высокие скорости передачи в линейных трактах (ЛТ) цифровых систем передачи с одновременным удлинением секций регенерации до 100 км и более.

Производительность таких ЛТ превышает производительность цифровых трактов на кабелях с металлическими парами в 100 и более раз, что радикально увеличивает их экономическую эффективность. Большинство регенераторов оказывается возможным совместить с оконечными или транзитными станциями. Из этого следует, что СЦИ - это не просто новые системы передачи, это и принципиальные изменения в сетевой архитектуре, организации управления. Внедрение СЦИ представляет собой качественно новый этап развития цифровой сети связи. В данном проекте произведены обоснование необходимости строительства волоконно-оптической линии связи, выбор трассы прокладки оптического кабеля, выбор типа оптического кабеля, анализ параметров волоконно-оптической линии связи. В качестве системы передачи выбрана синхронная цифровая иерархия.

Так же рассмотрены вопросы строительства волоконно-оптической линии связи, оценены технико-экономические показатели и приведены требования по охране труда.

1.

					БКУТ 370232 КПТ ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

1. ТЕХНОЛОГИЯ xPON

1.1. Общие сведения о пассивных оптических сетях

Одна из наиболее популярных оптических технологий для сетей доступа **PON (Passive Optical Network)** - пассивная оптическая сеть - это быстроразвивающаяся, наиболее перспективная технология широкополосного мультисервисного множественного доступа по оптическому волокну, использующая волновое разделение трактов приема/передачи и позволяющая реализовать одноволоконную древовидную топологию без использования активных сетевых элементов в узлах разветвления. Другими словами, мало волокон, отсутствие промежуточного активного оборудования, нулевое (ну, почти нулевое) влияние погодных условий, удобная WDM система передачи данных от «фабрики по производству интернета» к клиенту и обратно по одному волокну. Активное оборудование в этой сети имеется только на стороне провайдера (в чистой, сухой и прохладной серверной стойке) и на стороне абонента. Идеально как для удалённых малонаселенных пунктов, так и для городского частного сектора. Система доставляет волоконно-оптические сети и сигналы полностью или большую их часть конечному пользователю. В зависимости от того, где находится конечная точка PON, система может быть описана как оптическое волокно до микрорайона, квартала или группы домов (Fiber to the Curb - FTTC), волокно до здания (Fiber to the Building - FTTB), оптоволокну до дома (Fiber to the Home - FTTH).

Принцип действия сети:

Суть технологии заключается в построении сети доступа, имеющей большую пропускную способность при минимальных капитальных затратах. Данное решение предполагает создание разветвленной, преимущественно древовидной топологии сети без активных компонентов – на пассивных оптических разветвителях.

Главная особенность идеи PON заключается в том, что инфраструктура работает на базе одного модуля, который отвечает за функции приема и передачи данных. Располагается этот компонент в центральном узле системы OLT и позволяет обслуживать информационными потоками множество абонентов. Конечным приемником выступает устройство ONT, которое, в свою очередь, также выступает передатчиком. Количество абонентских точек, подключенных к центральному модулю приема и передачи, зависит только от мощности и максимальной скорости используемой аппаратуры PON. Технология, в принципе, не ограничивает количество участников сети, однако для оптимального использования ресурсов разработчики

					БКУТ 370232 КПТ ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

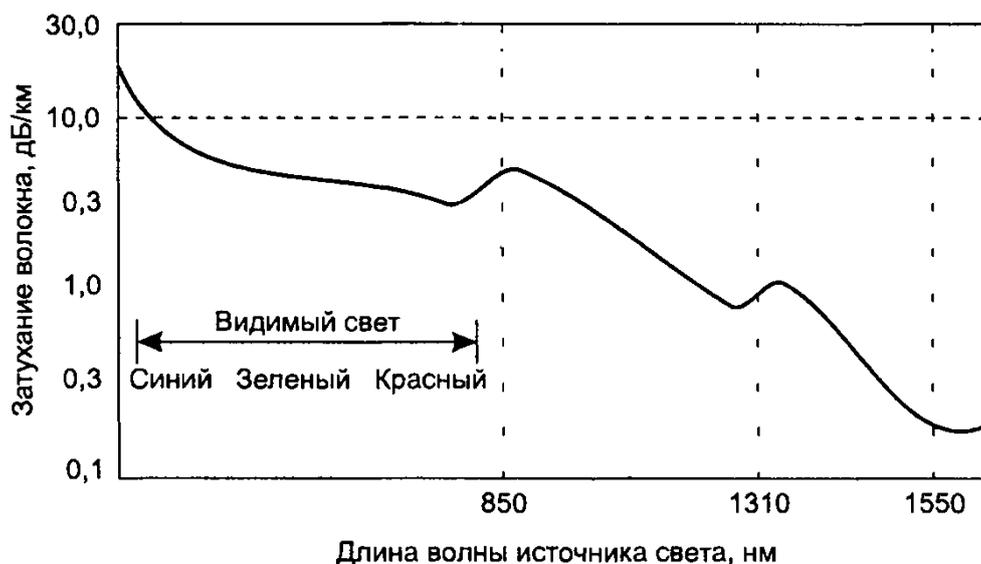


Рисунок 1.2- Окна прозрачности оптического кабеля

Прямые и обратные потоки:

Основной (то есть прямой) поток от центрального модуля сети относится к широковещательным. Это значит, что оптические линии сегментируют общий поток данных, выделяя адресные поля. Таким образом, каждое абонентское устройство «читает» только информацию, предназначенную специально для него. Такой принцип распределения данных можно назвать демультимплексорным.

В свою очередь, обратный поток использует одну линию для трансляции данных от всех абонентов, подключенных к сети. Так используется схема множественного обеспечения доступа с разделением по времени. Для исключения вероятности пересечения сигналов от нескольких узлов приемников информации устройство каждого абонента имеет свое индивидуальное расписание по обмену данными с поправкой на задержку. Это общий принцип, по которому реализуется PON-технология в плане взаимодействия приемно-передающего модуля с конечными потребителями. Однако конфигурация схемы прокладки сетей может иметь разные топологии.

1.2.Виды сетей xPON

Технология пассивных оптоволоконных сетей была введена в практику в середине 90-х годов, первоначально в модификации APON. После ряда усовершенствований вначале 2000-х появилась технология BPON с лучшей скоростью и большим числом обрабатываемых потоков. Следующим в линейке пассивных сетей стал EPON на технологии Ethernet. В настоящее время наиболее современной, удобной и перспективной для создания крупных разветвленных сетей является система GPON. GPON устроен на

базе платформы SDH (протокол GFP) и позволяет подключать к одному передающему модулю до 64 абонентов на расстоянии до 20 км. Использование сплиттеров и муфт позволяет увеличить дальность до 60 км. Скорость передачи в среднем достигает 2,5 Гб, хотя технически можно развить систему, скорость в которой может достигать 4–10 Гбит/с в каждом направлении. Еще одна существующая модификация – технология GPON. Ее можно назвать самой экономичной, однако это преимущество предполагает некоторые издержки в сравнении с GPON-сетями. В частности, в ней отсутствуют специфические функции поддержки TDM, синхронизации и защитных переключений. Такая система хорошо работает для небольших операторов, ориентированных на IP-трафик, в том числе IPTV. В целом же выбор технологии для создания или усовершенствования пассивной оптоволоконной сети зависит от условий заказчика, потребностей абонентов и перспектив развития. Компания-установщик должна подробно изучить исходные данные, чтобы сделать заключение по выбору технологии и разработать оптимальный план будущей PON:

1. APON (ATM PON). ITU-T G.983.x

В середине 1990 года была разработана первая технология – APON. Её базой была передача информации в ячейках структуры ATM со служебными данными. В таком случае скорость передачи прямого и обратного потоков обеспечивалась следующими скоростями: симметричный режим по 155 Мбит/с, либо ассиметричный режим 622 Мбит/с в прямом потоке и 155 Мбит/с в обратном потоке. Во избежание наложения поступающих от разных абонентов данных OLT на каждый ONU направляло служебные сообщения, содержащие разрешение на отправку данных. На данный момент APON в первоначальном своем виде практически не используется.

2. BPON (Broadband PON). ITU-T G.983.x

Новый стандарт – BPON – появился с дальнейшим совершенствованием технологии PON. В данном стандарте скорости прямого и обратного потоков в симметричном режиме доведены до 622 Мбит/с либо 1244 Мбит/с, в ассиметричном – 622 Мбит/с. Возможность передачи 3 основных типов информации (Голос, видео, данные), для потока видео при этом выделена длина волны 1550 нм. Стандарт BPON позволяет организовывать динамическое распределение полосы среди отдельных абонентов. С разработкой более высокоскоростной технологии – GPON, стандарт BPON в экономическом плане практически утратил актуальность.

3. EPON (Ethernet PON). IEEE 802.3ah

Разработка в 2000 году нового стандарта – EPON – была предопределена успешным применением технологии Ethernet в локальных

					БКУТ 370232 КПТ ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

сетях и построением на основе оптических сетей доступа. Рассчитаны такие сети на передачу информации при скоростях прямого и обратного потоков 1 Гбит/с на основе IP-протокола для 16 либо 32 абонентов. Из-за скорости передачи в Гбит/с различные источники часто употребляют название GEPON (Gigabit Ethernet PON), также относящееся к стандарту IEEE 802.3ah. В таких системах дальность передачи достигает 20 км. Длина волны обратного потока используются специальный протокол управления множеством узлов (MPCP, Multi-Point Control Protocol). В GEPON поддерживается операция обмена информацией между пользователями (bridging).

4. GPON (Gigabit PON) ITU-T G.984.x

Для крупных операторов, строящих большие разветвленные сети с системами резервирования, наиболее удачна технология GPON. Она наследует линейку APON-BPON, однако с большей скоростью передачи данных – 1244 Мбит/с и 2488 Мбит/с – в ассиметричном режиме, 1244 Мбит/с – в симметричном. В основе – базовый протокол SDH со всеми его достоинствами и недостатками. Возможно подключить до 32 либо 64 абонентов на расстоянии 20 км (возможно расширение до 60 км.). Технология GPON поддерживает как трафик ATM, так и IP, а также речь, видео (инкапсулированные в кадры GEM – GPON Encapsulated Method) и SDH. Сеть в синхронном режиме работает с постоянной длительностью кадра. Высокая эффективность полосы пропускания обеспечивается линейным кодом NRZ со скремблированием. Единственный недостаток GPON – высокая стоимость оборудования.

Характеристики трех видов PON приведены в таблице 1:

Таблица 1. Характеристики BPON, EPON, GPON.

Характеристика	BPON	EPON (GEPON)	GPON
Скорость передачи, прямой/обратный поток, Мбит/с	155/622	1000/1000	1244/2488
Базовый протокол	ATM	Ethernet	SDH
Линейный код	NRZ	8B10B	NRZ
Максимальное число абонентов	32	32(64)	32(64)
Максимальный радиус сети, км.	20	10(20)	20(60)
Длина волны, прямой/обратный поток (видео), нм	1310/1490,(1550)		

Следующий эффективный шаг по увеличению скорости передачи построенных систем PON – применение систем оптического уплотнения WDM (WDM PON). В рекомендации ITU-T G.983.2 описывается возможность передачи сигналов на длинах волн, выделенных для каждого

абонента. В сети передается общий поток, а на каждом абонентском терминале имеется оптический фильтр для выделения своей длины волны. Технически возможно обеспечение производительности системы со скоростями по каждому каналу около 4-10 Гбит/с. Провайдеры после такой реконструкции получили возможность настройки пропускной способности согласно требованиям клиента и успешного добавления или удаления устройств ONU без вмешательства в общую систему.

1.3.Преимущества сетей xPON

В современных условиях развития рынка передачи информации, в зависимости от конкретной ситуации на первый план выходят либо цена развертки сети, либо технические требования определяющие предельные параметра нагрузки на сеть. Идеальным вариантом кажется создание системы одновременно такой же простой как сеть на основе медной витой пары, сочетающая в себе и преимущества оптической линии по сверхвысокой пропускной способностью. Если это идеальный вариант и достижение его крайне сложно в современных условиях, то самым близко приблизившимся к нему является технология PON, так как она в технической базе основана на оптоволокне то имеет и высочайшие характеристики по скоростям передачи и допустимой нагрузке на сеть, так же стоимость процесса её развертывания была максимально минимизирована. Что на фоне современного парения цен на активное оборудование и материальную базу-оптоволокно, делает технологию еще более привлекательной.

Рассмотрим подробнее чем же она так выигрывает у кабельной сети и стандартной оптической среды передачи.

1. Отсутствие промежуточных активных узлов.

Уменьшение количества активных элементов, несет в себе сразу несколько преимуществ, наряду с совершенно очевидной выгоде в затратах на оборудование, так же установленные активные комплексы используются с максимальной эффективностью из расчета максимального числа подключаемых точек приема. Кроме этого упрощении схемы построения сетевой инфраструктуры ведет к значительному повышению её надежности и легкой устранимости возможных неисправностей.

2. Экономия волокон.

Благодаря древовидной топологии к каждому конкретному участнику сети идет отдельное волокно, что сильно влияет на создание структуры сети среднего или крупного масштаба, при этом такая экономия не идет в ущерб пользователям, за счет возможностей оптоволокна, предоставляющую даже

					БКУТ 370232 КПТ ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

одним волокном канал способный удовлетворить все современные потребности, с достаточным запасом.

3. Простота наращивания сети.

На активно развивающемся рынке очень важным параметром является скорость с которой появляется возможность предоставить услугу заказчику после подписания договора о сотрудничестве. В технологию создания PON сетей изначально был встроен механизм по скорейшему подключению новых абонентов, что дает её весомое преимущество перед стандартной оптической сетью, где процесс подключения дорогостоящ и занимает значительных временных и трудовых ресурсов.

4. Перспективность.

В условиях развития современного мира в сфере информационных технологий не трудно заметить, что процесс активизации сетевых сервисов и технологий переживает крайне интенсивный рост и роль в жизни и работе как людей, так и компаний в независимости от отрасли в которой они работают. Крайне важно понять вектор развития информационной составляющей рынка и опередить конкурентов в этом плане. Ведь в скором времени возможности стандартных систем СКС исчерпают себя и переходить на новые решения будет просто необходимо. Технология PON обеспечивает такой возможностью уже сейчас, избавляет возможных трудностей в будущем.

Отдельные разновидности PON обладают как преимуществами, так и недостатками, однако основанный на ATM платформе BPON в целом уже не обеспечивает высокой скорости передачи и практически не имеет перспектив.

GPON является удачной технологией для сетей, имеющих большую емкость и протяженность. Её базовая платформа SDH обеспечивает хорошую защиту данных в сети, широкую полосу пропускания и иные преимущества.

В GEPON, в отличие от GPON, отсутствуют специфические функции поддержки TDM, синхронизации и защитных переключений. Это делает GEPON самой экономичной технологией из всего семейства.

2.

					БКУТ 370232 КПТ ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

2. ПОСТРОЕНИЕ СЕТЕЙ xPON

2.1. Топология построения пассивных оптических сетей xPON.

Технология xPON может быть построена на основе трёх основных топологий («дерево», «звезда», «шина») и их комбинаций. Самые распространенные в процессе проектирования вопросы – это вопросы, связанные с расчётами бюджета потерь при использовании определённой топологии, а также сопоставления этих расчётов с оптическим бюджетом PON-системы.

1. Топология «звезда» представлена на рисунке 2.1. Данная топология применяется при плотном расположении абонентов в районе автоматической телефонной станции (АТС). Топология характеризуется минимальным количеством оптических разветвителей (ОР) и единственным местом их установки. Достоинства данной топологии является удобство в обслуживании, проведении эксплуатационных измерений и обнаружения места повреждения линии.

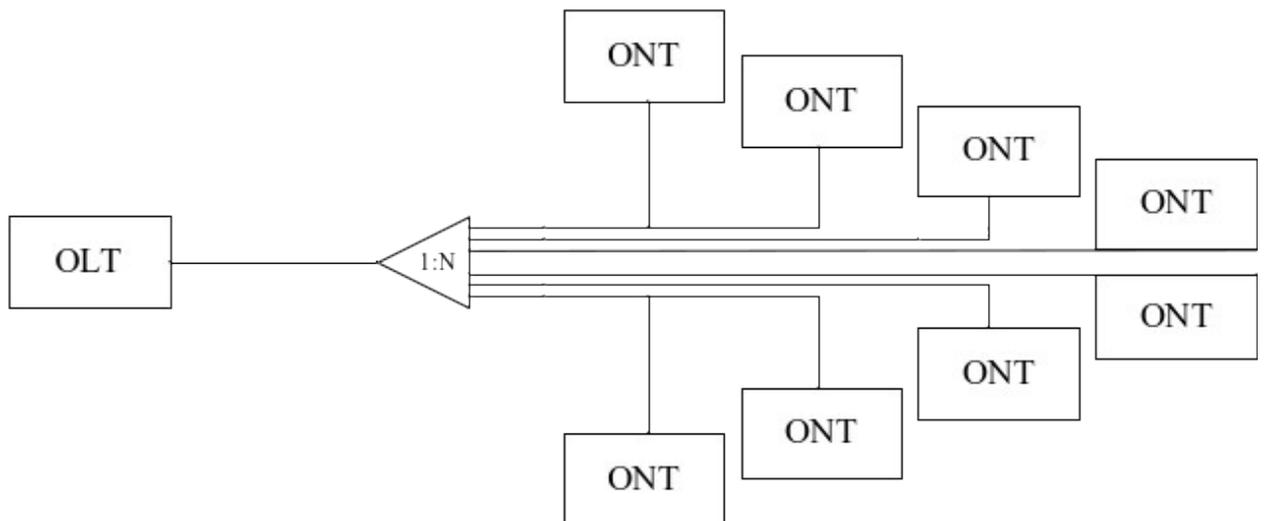


Рисунок 2.1 – Топология «Звезда»

Топология типа «звезда» представляет собой длинный магистральный кабель с небольшим количеством волокон с одной стороны подключается к PON-порту OLT, а с другой заканчивается планарным делителем большой ёмкости (1:N). Доставка сигнала до абонентов может быть реализована двумя способами. Первый способ состоит в том, чтобы «упаковывать» часть выводов делителя в многоволоконный кабель с целью транспорта волокон в одном направлении (например, группа частных домов, расположенная на некотором удалении от делителя). По прибытию в район назначения, волокна выводятся из кабеля непосредственно в дома к абонентам, где подключаются к ONT.

Второй способ проще: выходы делителя соединяются с абонентским патч-кордом внешнего исполнения, который сразу прокладывается от узла деления напрямик до абонента.

Второй способ подключения типа «звезда» удобно использовать только в том случае, если большое количество абонентов размещено на небольшом удалении от делителя и есть возможность прокладки абонентских патч-кордов каждому абоненту в дом.

Достоинства «звезды» проявляют себя только в случае высокой плотности абонентов на малой площади. В остальных случаях практичнее использовать «дерево» или «шину».

2. Топология «шина» представлена на рисунке 2.2. Шинная топология применяется при расположении абонентов вдоль оптической магистрали. Особенность топологии в большой разности выходных мощностей оптических разветвителей (ОР). Данная топология требует подробного расчета уровня оптического сигнала для подбора соответствующих неравномерных оптических разветвителей (ОР) (с неравномерным разделением мощности по отводам) таким образом, чтобы входная оптическая мощность на каждом оптическом приемнике соответствовала его чувствительности (диапазону входной мощности) оборудования. Топология рекомендована для применения при линейном расположении пользователей вдоль магистрали и только при небольшом количестве каскадов (количество каскадов определяется оптическим бюджетом проектируемой линии в процессе проектирования).

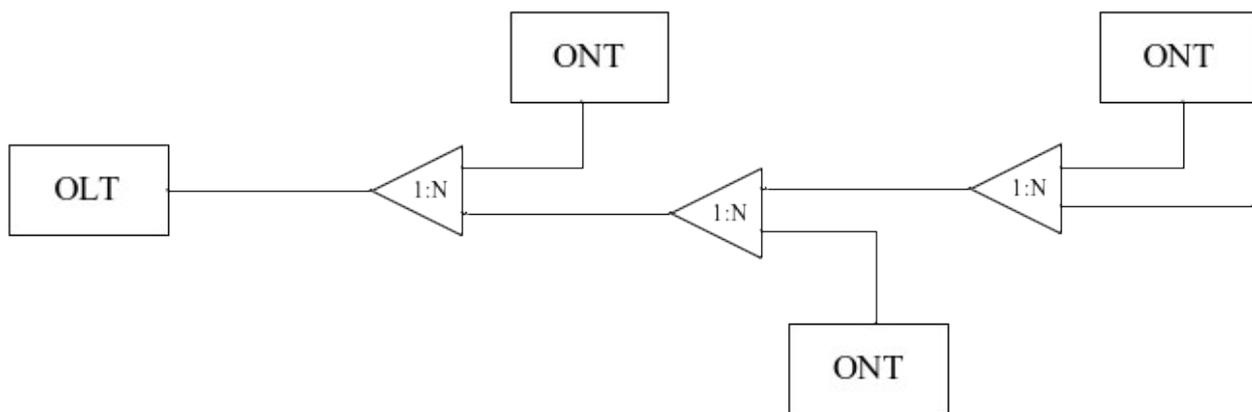


Рисунок 2.2 – Топология «Шина»

«Шина» развёртывается на одном волокне с использованием каскада сварных делителей 1:2 с процентным соотношением мощности выходных сигналов. При этом, вход первого делителя подключается к PON-порту OLT, а остальной каскад строится по принципу «большая мощность – в линию», то есть большая мощность выходного сигнала поступает в магистральную

линию и питает весь дальнейший каскад делителей, а меньшая выходная мощность отводится для подключения абонента. Однако, как показывает практика, делать одно ответвление для одного конкретного абонента неудобно. Во-первых, увеличивается количество сварок на магистральном волокне, что снижает качество сигнала, особенно на последних участках каскада. Во-вторых, возрастает сложность включения нового абонента в центр уже существующего каскада: при включении будут производиться сварные работы, что приведёт к отсутствию подключения у абонентов в нижестоящем каскаде. Кроме того, нарушится общая схема затухания в линии, что может отрицательно сказаться на качестве сигнала у последних абонентов в каскаде. Выход из этой ситуации состоит в комбинировании сварных делителей 1:2 с процентным соотношением мощности выходных сигналов, и планарных делителей 1:2, 1:4 и 1:8. При этом сохраняется шинная топология, но ответвление сигнала идет не на одного абонента, а на группу абонентов, которые могут быть расположены в радиусе 200 и более метров от планарного делителя.

Данная схема удобна тем, что при грамотном планировании, сеть становится легко масштабируемой, и включение нового абонента производится «в три шага»:

- 1) Прокладка патч-корда внешнего исполнения от планарного делителя до абонента.
- 2) Подключение патч-корда в делитель.
- 3) Подключение патч-корда к абонентской ONU.

Кроме того, топологию типа «шина» удобно использовать в случаях, когда улицы в населённых пунктах достаточно ёмкие с позиции числа абонентов, и в то же время имеют достаточно длинную протяжённость. В этом случае, более «близкие» к головной станции OLT абоненты обслуживаются одной шиной (одним волокном и одним PON-портом OLT), более удалённые – другой шиной.

3. Топология «дерево» представлено на Рисунке 2.3. Данная топология применяется при разнесённом расположении абонентов. Оптимальное распределение мощности между различными ветвями решается подбором коэффициентов деления оптических разветвителей (ОР). Древообразная топология гибкая с точки зрения потенциального развития и расширения абонентской базы.

дальнейшего расширения сети, создания обходных путей. Предоставление оптических волокон в распределительных кабелях на сплиттер, чтобы обеспечить основу возможности модернизации (дополнительная оптическая распределительная коробка сплиттерная портовая) абонентской сети до уровня 100% проникновения (+1 резервного волокна на вход разветвителя). Количество оптического волокна на магистральном участке PON с учетом резерва определяется из расчета не менее $n+1$, где n – количество оптического волокна в нагрузке, входящих в оптический оконечный кабель устройства (оптический распределительный шкаф/оптическая стойка распределительная/оптическая сплиттерная коробка/сплиттерная муфта) с учётом максимального заполнения оптического оконечного кабельного устройства оптическими разветвителями.

Число ОВ в мульти-модуле ВОК магистральном участке избирается с учетом резервных ОВ.

Вопросы оптимизации затрат на строительство и сокращение времени окупаемости проектов следует рассматривать вместе с вопросом о будущей стоимости сетевых операций. Одной из основных проблем, влияющих на этот параметр, является вопрос о надежности и резервирования сети.

Надежность сети наиболее часто оценивается средним временем до отказа, а также доступность определяется общим временем за год, в течение которого абонент использовал работоспособную сеть. Доступность зависит от надежности линейного участка, кабеля и активного оборудования во время ремонтных работ, а также существующей системы сетевого резерва. Система резервирования является важным компонентом общей защиты пользователей от аварий в сети. В отличие от кольцевой топологии городских транспортных сетей SDH, надежность архитектуры дерева PON сети сильно зависит от места возникновения обрыва волокна, как бы будет трудно непрерывно дистанционно мониторить уровень физического сегмента. В среднем время простоя сети представляет собой сочетание надежности и аварийного восстановления сетевого времени. В среднем, предполагается, что неисправность в узле доступа (повреждение станции) может быть устранена в течение 2-х часов, а локализация неисправности и линейной части и абонентская сторона (линейные повреждения) в течение следующих 12 часов. Для классического PON дерева без каких-либо оговорок по оценкам, среднее времени простоя сети 350 мин / год, что превышает 53 мин / год (наличие здоровой сети 99,99%) - требуемое значение для сетей с множественным доступом. Принимая во внимание, что большинство несчастных случаев на сети, связанных с механическими повреждениями (поломки) оптического волокна, вопрос о физической резервной оптической

					БКУТ 370232 КПТ ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

сети является наиболее важным. Поэтому появляется необходимость обязательного резервирования волокон в районах, расположенных между узлом доступа OLT и сплиттерными блоками ОРШ, ОРК, т.е. волокна, которые несут агрегированный трафик с нескольких абонентов. Во время резервирования (имеется 30% запасных волокон на магистральном участке от ODF до ОРШ с доступом переключения при авариях шнурами связи, и на месте распределения до ОРКсп подача 2х волокон), а также наличие взаимосвязи между шкафами дает шанс сократить среднее время простоя сети до 90 мин/год. Среднее время простоя сети так же зависит от быстрой локализации и исправности на линейном участке сети. В случае сети PON быстрая локализация разрыва бывает очень трудоемкой, так как использование простых методов рефлектометрии (OTDR) не дает желаемого результата.

Сети доступа достаточно часто реализуются с использованием технологии и оборудования пассивных оптических сетей (PON). Древовидная архитектура существенно осложняет организацию резервирования (по сравнению с кольцевыми транспортными сетями). В данном случае свою роль играет то, что полоса обратного потока в PON является общей и формируется множеством абонентских узлов.

В сетях PON используется либо линейное резервирование различных участков сети, либо системное. Среди множества вариантов можно выделить три основные схемы:

- 1.частичное резервирование со стороны центрального узла;
- 2.частичное резервирование со стороны абонентского узла;
- 3.полное резервирование;

Первый вариант в соответствии с введенной выше классификацией можно назвать системным резервированием центрального участка PON (рисунок 2.4). При его использовании головной узел оснащается основным и резервным оптическими модулями. Для увеличения эффективности резервирования целесообразно выделить линейные световоды в кабелях, прокладываемых по разным маршрутам.

					БКУТ 370232 КИТ ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

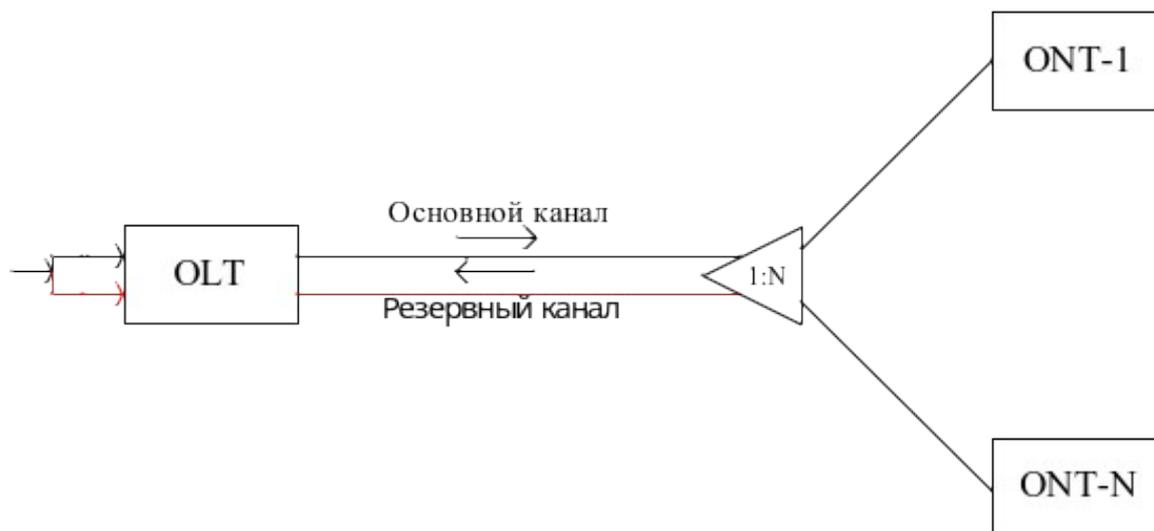


Рисунок 2.4 – Частичное резервирование со стороны центрального узла.

Если неисправностей в сети нет, нисходящий и восходящий информационные потоки передаются по основному каналу, а резервный канал находится в пассивном состоянии. В случае отказа модуля или повреждения основного волокна центрального узла система автоматически переключается на резервный канал. Данное решение позволяет обеспечить надежную передачу данных общего потока, однако не защищает участок сети между абонентскими узлами и оптическим разветвителем.

Второй вариант предполагает системное резервирование абонентского участка PON (рисунок 2.5) и увеличивает надежность связи между абонентским узлом и оптическим разветвителем. В этом случае абонентский узел оснащается двумя оптическими модулями. Переключение на резервный канал, как и в первом варианте, осуществляется при выходе из строя основного канала. Реализация данного решения ведет к дополнительным материальным затратам на организацию абонентского узла, поэтому оно целесообразно только в случае обслуживания абонентов с повышенными требованиями к надежности связи.

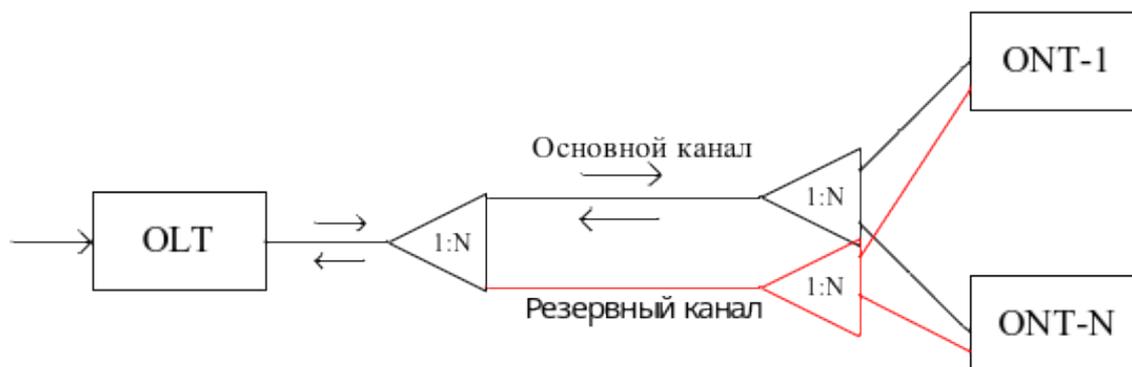


Рисунок 2.5 – Частичное резервирование со стороны абонентского узла.

Полное резервирование PON, то есть дублирование всех элементов сети, реализуется как комбинация схем, показанных на схемах 2.4 и 2.5. Это делает сеть устойчивой как к отказам приемопередающего оборудования

центрального и абонентского узлов, так и к повреждениям линейной части. Переключение между основным и резервным каналами происходит аналогично предыдущим вариантам. При этом резервирование абонентских узлов может выполняться не для всех абонентов. Данное решение — самое затратное из всех представленных, однако обеспечивает наибольшую надежность сети связи.

2.3. Кабели для построения сетей PON

1. Кабели и способы их прокладки

Главным элементом оптических кабелей, безусловно, являются оптические волокна. Их обычно окрашивают специальным лаком (для идентификации волокон), а затем размещают в полимерных или металлических трубках – оптических модулях или укладывают в ленточную конструкцию. Оптические модули могут быть скручены вокруг центрального элемента с образованием оптического сердечника, на который при необходимости накладывают защитную броню. Последняя выполняется из стальной проволоки, гофрированной ленты, стеклопластиковых прутков или арамидных (высокопрочное углеродное волокно) нитей. Наконец, бронированный кабель заключают во внешнюю оболочку.



Рисунок 2.6 – Строение оптического кабеля

Конструкции кабелей определяются, в первую очередь, условиями их прокладки и эксплуатации. Существует три основных метода прокладки кабелей:

1. Непосредственная прокладка кабеля в грунт, например, в траншею. Кабели, предназначенные для такой прокладки, должны иметь наиболее прочную броню, а также максимальную защиту от влаги и грызунов.

					БКУТ 370232 КПТ ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

2. Прокладка по подземной кабельной канализации. Строительство кабельной канализации обходится дороже, чем прокладка кабеля непосредственно в грунт, но ее использование значительно упрощает добавление и удаление кабелей. Кроме того, в этом случае можно использовать более легкие кабели с меньшей степенью защиты.

3. Воздушная подвеска на столбах или вышках. Обычно этот метод используют в местах массовой застройки; он не требует использования тяжелой техники (которая необходима при подземной прокладке), а потому экономически более выгоден. Оптический кабель может быть подвешен на несущий трос; также может быть использован самонесущий оптический кабель.

2. Прокладка волокна методом задувки

В последнее время повышенный интерес вызывают альтернативные технологии прокладки волоконно-оптических кабелей, в том числе методом вдувания. Идея подобных систем проста: на этапе строительства инфраструктуры в защитные трубки (ducts) прокладываются недорогие микротрубки (microducts), а затем по мере необходимости в них задувается оптическое волокно нужного типа.

Преимущества подобных систем понятны: при относительно небольших начальных инвестициях (не надо сразу прокладывать все кабели) оператор получает инфраструктуру, которая позволяет добавлять кабели тогда, когда это необходимо, столько, сколько необходимо, и с такими характеристиками, которые необходимы. Системы на основе микротрубок можно использовать как на магистрали, так и для внутрисетевой разводки.

В решении, используются защитные трубки диаметром от 16 до 63 мм. Микротрубки выпускаются четырех основных размеров: 4, 7, 10 и 12 мм. В 4мм микротрубку может быть уложено до 6 волокон, в 12-мм – 144 волокна.

Внутренняя поверхность микротрубок обработана специальным образом, чтобы снизить трение при задувке волокон. Задувка новых волокон в системах на основе микротрубок осуществляется довольно просто с помощью сжатого воздуха.

При использовании подобных систем в высотных зданиях в стояке прокладывается гибкая трубка с предварительно инсталлированными микротрубками. На каждом этаже нужное число микротрубок отводится с помощью специальных Y-образных коннекторов. При появлении нового

					БКУТ 370232 КПТ ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

абонента волокно вдувается до его квартиры или офиса из центральной точки. Систему, можно использовать в 20-этажном здании высотой до 75 м.

2.4. Пассивные оптические элементы

2.4.1 Оптический кросс высокой плотности (ODF).

ODF входит в состав стационарного участка PON. ODF должен обладать следующими возможностями:

- обеспечение свободного доступа к любому из оптических портов и возможность оперативного выполнения кроссировочных работ;
- наращивание емкости кросса в процессе эксплуатации;
- обеспечение оперативного производства монтажа, инсталляции и коммутации оптического волокна;
- система укладки оптического волокна и патч-кордов, гарантирующая соблюдение требований к геометрии изгиба оптического волокна;
- конструктивно поддерживать установку сплиттеров непосредственно в ODF;
- занимать минимальную площадь.

2.4.2 Оптический распределительный шкаф (ОРШ), подъездная сплиттерная коробка и оптическая стойка распределительная (ОСР)

ОРШ – оконечное кабельное устройство, предназначенное для размещения сплиттеров и включения оптоволоконных кабелей магистральных и распределительных сетей. В ОРШ централизованно размещаются группы сплиттеров, разветвляющие одно магистральное оптическое волокно на 16 или 32 оптического волокна распределительного кабеля, реже – на 64.

Главная функция ОРШ – это переход от длинного магистрального участка к короткому распределительному участку со сменой типов волоконно-оптических кабелей (ВОК) и одновременным значительным увеличением емкости оптического волокна, доступного к подключению абонентов. В ОРШ также производится коммутация оптических волокон, их оптимизация, измерение магистрали до АТС и диагностика абонентских подключений.

ОРШ монтируется внутри здания или на улице (при обслуживании группы зданий).

Следует использовать не более трех типоразмеров ОРШ для внутренней установки: малый ОРШ на 100 – 150 абонентских окончаний, средний ОРШ на 250 – 300 и большой ОРШ до 500 абонентских окончаний.

ОРШ имеет разное конструктивное исполнение: для установки и подвески внутри помещений или для установки снаружи.

					БКУТ 370232 КПТ ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Конструкция ОРШ для схемы с единым узлом распределения должна допускать возможность ветвления одного магистрального оптического волокна на 64 абонента при дальнейшем увеличении процента проникновения услуг в соответствии с рисунком 2.7.

Для установки в подъездах малоэтажных зданий используется подъездная сплиттерная оптическая коробка (ОРШ малой емкости) – схема с узлами распределения в каждом подъезде. Подъездные сплиттерные оптические коробки, как правило, рассчитаны на размещение одного сплиттера.

ОРШ уличного размещения должны иметь герметизацию и защиту от внешних воздействий класса не ниже IP 55.

При проектировании ОРШ наружной установки необходимо учитывать возможность дальнейшей модернизации (расширения) сети при генеральном плане строительства и использовать ОРШ модульной конструкции, которая позволяет наращивать емкость без установки дополнительных дорогостоящих конструкций.

Для организации схемы с узлами распределения к группе домов в частном секторе может использоваться оптическая стойка распределительная (ОРШ малой емкости) наружной установки. ОСР, как правило, рассчитана на размещение одного – двух сплиттеров. Корпус ОСР должен быть ударопрочным и изготовленным из металла или стеклопластика и также иметь герметизацию и защиту от внешних воздействий класса не ниже IP 55.

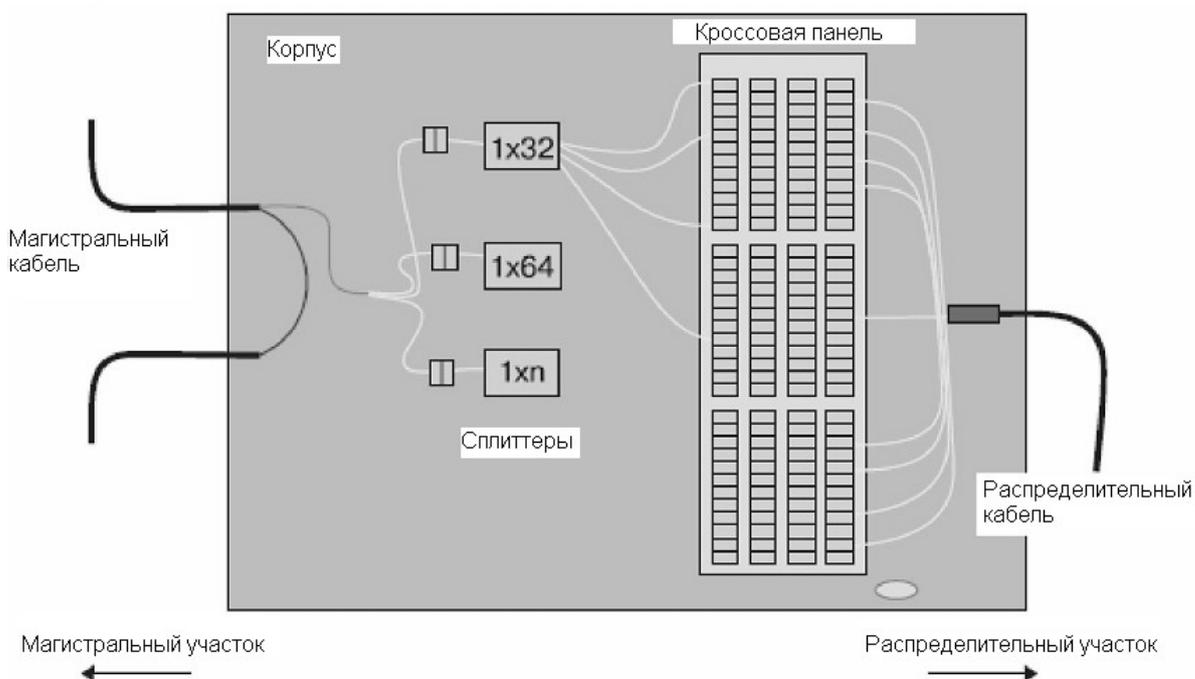


Рисунок 2.7– Конструкция оптического распределительного шкафа
 Распределительные блоки устанавливаются на границе между магистральным и распределительным участком сети PON. В сети,

построенной по централизованной архитектуре, такой блок обычно представляет собой уличный шкаф с оборудованием, обеспечивающим обслуживание сотен портов. В сетях с каскадной архитектурой такой блок вполне может быть выполнен в коробке меньшего размера или вообще в муфте, установленной под землей или на столбе.

На рисунке представлена типичная схема подключений в распределительном блоке. В этом примере на магистрали используется модульный кабель, состоящий из нескольких пучков волокон (модулей), каждый из которых имеет собственную изоляцию и свободно располагается внутри кабеля. В месте установки распределительного блока в магистральном кабеле делается надрез, из него извлекается один модуль, волокна которого подключаются к сплиттерам (в данном случае показаны три сплиттера). С выхода сплиттеров волокна через зону коммутации подключаются к волокнам распределительного кабеля. В случае централизованной архитектуры эти волокна, соединяясь с волокнами абонентских кабелей в отводном терминале, без какого-либо дополнительного деления приходят к портам устройств ONT. В каскадной схеме в отводном терминале тоже устанавливаются сплиттеры, которые делят сигнал еще один раз.

Конструкция распределительного шкафа в сети с централизованной архитектурой должна гарантировать удобный доступ к соединениям для их проверки, тестирования сети, реализации разного рода изменений и дополнения (например, при подключении новых абонентов). При использовании же каскадной схемы муфта, на базе которой реализуется распределительный блок, может быть герметично закрыта и убрана под землю. В этом случае повторный доступ к установленным в ней элементам потребуется лишь в случае их повреждения или при необходимости подключения нового кабеля.

Муфты делятся на тупиковые (ввод оптического кабеля производится с одной стороны корпуса) и проходные (вводы кабеля – с разных сторон корпуса), кроме того, имеются универсальные конструкции, которые можно использовать в качестве и тупиковой муфты, и проходной. Как правило, муфты изготавливаются для ввода не менее трех кабелей, что позволяет использовать их и для простого соединения двух кабелей, и для организации разветвлений. Запасы длин волокон, а также их сrostки размещаются в специальных кассетах, гарантирующих заданный радиус укладки. Конструкции многих муфт предусматривают размещение не только сварных сrostков, но и механических соединителей, и стандартных разъемных соединителей (разъемов).

					БКУТ 370232 КПТ ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Герметизация вводов оптического кабеля в муфту может обеспечиваться термоусаживаемыми трубками, специальными герметиками (гелями) и иными способами.

2.4.3 Оптическая распределительная коробка (ОРК) и оптический ящик кабельный распределительный (ОЯКР)

ОРК используется для подключения квартиры абонента к вертикальному распределительному участку здания на этаже с применением оптических разъемов.

Как правило, ОРК разных производителей имеют емкость от 4 до 16 абонентских подключений. Применение ОРК меньшей емкости приводит к значительному удорожанию проекта в целом, увеличивая их общее количество и стоимость монтажа.

При проектировании распределительного участка любого здания с применением ОРК, необходимо придерживаться следующего правила – одна коробка для нескольких этажей здания. При большом (9 и более) количестве квартир на этаже допускается вариант размещения одной ОРК на этаж. При этом следует руководствоваться принципом максимально возможного задействования емкости ОРК.

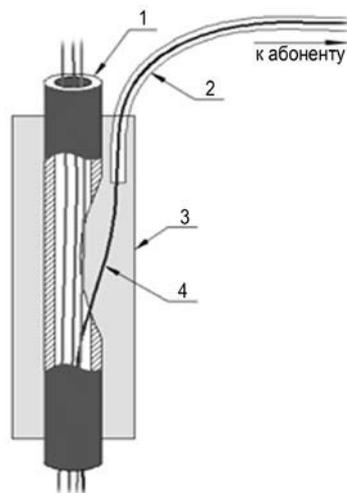
ОЯКР (ОКР уличного исполнения) используется для подключения дома абонента ВОК-1 абонентской разводки к ВОК распределительного участка частного сектора с применением оптических разъёмных (адаптеров) или неразъёмных (сварных) соединений. Корпус ОЯКР должен быть ударопрочным и изготовленным из металла или стеклопластика и также иметь герметизацию и защиту от внешних воздействий класса не ниже IP 55.

2.4.4 Ответвитель этажный (ОЭ) и протяжная коробка (ПК)

Ответвитель этажный предназначен для ответвления из межэтажного ВОК волокон, обслуживающих этаж, фиксации межэтажного ВОК и транспортных трубок, защиты места ответвления. Ответвитель этажный используется совместно с межэтажными ВОК с сердечником свободного доступа. Ответвитель этажный имеет компактные размеры, может устанавливаться непосредственно в стояках, этажных шкафах, нишах и тому подобное.

Типовая структура ОЭ представлена на рисунке 2.8.

					БКУТ 370232 КПТ ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



1 – межэтажный ВОК; 2 – транспортная трубка; 3 – корпус этажного ответвителя; 4 – ОВ, отводимое к абоненту.

Рисунок 2.8 – Конструкция этажного ответвителя

Протяжная коробка предназначена для ответвления (промежуточных поворотов) межэтажных ВОК-1, укладки запасов ВОК-1 и защиты места соединения защитных вертикальных межэтажных коробов / труб с горизонтальными кабельными каналами. ПК расположены при переходах ВОК-1 с вертикального способа прокладки к горизонтальному способу. В ПК на задней стенке рекомендуется устанавливать специальные органайзеры для выкладки запасов ВОК-1, возможных при организации подключения абонентов при помощи патч-кордов.

Корпус основания и крышка ПК могут быть изготовлены из металла или ПВХ материалов. ПК должны иметь отверстия для ввода/вывода межэтажных труб и этажных кабельных каналов.

2.4.5 Оптическая абонентская розетка (ОРА)

Оптическая абонентская розетка предназначена для установки в квартире абонента. Конструкция ОРА предусматривает возможность выкладки запаса ОВ.

Оконцевание входящего ОВ возможно производить с помощью сварки, установки механического соединителя либо с использованием не полируемого оптического коннектора. Таким образом, возможны комплектации ОРА с адаптером, с адаптером и пигтейлом, с адаптером и не полируемым коннектором.

Конструкция ОРА должна предусматривать, как правило, возможность подключения нескольких ОВ абонентского участка.

2.4.6 Оптические разветвители (ОР)

Оптические разветвители (сплиттеры) – обеспечивают деление оптического сигнала. ОР подразделяются по:

- числу входных и выходных портов;
- коэффициенту деления оптической мощности;

- рабочей длине волны;
- классу качества;
- технологии производства.

ОР делятся по числу входных и выходных портов на:

- ОР, имеющие один вход и несколько выходов ($1 \times N$);
- двух входные ОР ($2 \times N$).

Количество выходных портов может варьироваться от 2 до 64.

Как правило, двухвходные ОР используются для резервирования по оборудованию. Распределение оптической мощности (коэффициент деления) по отводам (выходам) ОР бывает:

- равномерное (например, делитель на четыре имеет по 25 % мощности на каждом отводе);
- неравномерное.

Примечание – Как правило, на PON для многоэтажной застройки используются ОР с равномерным делением сигнала (1×2 , 1×4 , 1×8 , 1×16 , 1×32 , 1×64). Это позволяет унифицировать строительство сети, сократить затраты на производство оборудования и уменьшить логистические затраты.

Для неравномерных ОР шаг коэффициента деления (разницы в выходной мощности) обычно составляет 5 %.

Коэффициенты деления R и вносимые потери IL разветвителей 1×2 и 1×3 представлены в таблице 2.2

Таблица 2.2 - Коэффициенты деления R и вносимые потери IL разветвителей 1×2 и 1×3 .

1x2		1x3	
R,%	IL, дБ	R,%	IL, дБ
50/50	3,7/3,7	10/45/45	10,5/4,0/4,0
45/55	4,2/3,2	20/40/40	7,3/4,5/4,5
40/60	4,8/2,8	30/35/35	5,4/4,8/4,8
35/65	5,4/2,4	40/30/30	4,1/5,4/5,4
30/70	6,2/2,0	50/25/25	3,1/6,2/6,2
25/75	7,1/1,6	60/20/20	2,3/7,2/7,2
20/80	8,2/1,3	70/15/15	1,7/8,5/8,5
15/85	9,7/1,0	80/10/10	1,0/10,5/10,5
10/90	11,7/0,7	–	–
5/95	15,2/0,5	–	–

По параметрам рабочей длины волны ОР подразделяются на:

- однооконные ($\lambda=1310$ нм или 1550 нм);
- двухоконные ($\lambda=1310$ нм и 1550 нм);
- трёхоконные ($\lambda=1310$ нм, 1490 нм и 1550 нм);
- широкополосные ($\lambda=1310$ нм ÷ 1620 нм).

Оптические разветвители по классу качества делятся на классы А и Б.

В таблице 2.3 приведены сравнительные характеристики ОР 1x2 с коэффициентом деления 50/50 двух классов качества и допуски для ОР 1xN.

Таблица 2.3 – сравнительные характеристики ОР 1x2 с коэффициентом деления 50/50 двух классов качества и допуски для ОР 1xN.

Параметр	Класс А (1x2)	Класс Б (1x2)	Допуски (1xN)
Вносимые потери Π , макс. (без коннекторов), дБ	3,6	3,9	$3,6 \log_2 N + 0,6$
Избыточные потери E_L , типичные, дБ	0,1	0,3	$0,3 (1 + \log_2 N)$
Неравномерность U , дБ	0,8	1,1	$1,0 \log_2 N$
Потери, зависящие от поляризации (PDL), макс., дБ	0,15	0,20	$0,1 (1 + \log_2 N)$
Оптические возвратные потери ORL, дБ	Не менее 50	Не менее 50	–
Коэффициент направленного действия D , дБ	Не менее 55	Не менее 55	–
Температурная зависимость вносимых потерь, дБ/°С	0,002	0,002	–

По способу производства ОР делятся на:

– Сплавные FTB (fused biconic taper) – выполненные по сплавной технологии.

– Планарные PLC (planar-lightwave-circuit) – выполненные по полупроводниковой технологии.

Сравнительные характеристики сплавных и планарных ОР приведены в таблице 2.4.

Таблица 2.4 – Сравнительные характеристики сплавных и планарных ОР

Характеристика	Оптические разветвители	
	Сплавные	Планарные
Технология изготовления	Простая	Сложная
Стоимость	Приемлемая	Приемлемая, при достаточно большом количестве портов

При строительстве новых сетей следует использовать планарные типы ОР, если число выходных портов ОР больше, чем четыре.

2.4.7 Разъемные соединения

На всем сегменте PON необходимо использовать однотипные разъемные соединения – коннекторы, что упрощает комплектацию объектов и подготовку обслуживающего персонала, сокращает ассортимент ЗИП.

Рекомендуемый тип всех разъемов на PON – SC/APC. Это пластиковый разъем с угловой полировкой ОБ, имеющий зеленую маркировку корпуса. Такой коннектор наиболее полно обеспечивает требуемые параметры сигнала, такие как минимальные обратные отражения, что предотвращает преждевременный выход из строя станционных лазеров, передачу сигнала аналогового телевидения, и имеет широкие окна прозрачности для возможно более широкополосного сигнала в будущем. Типичный гарантированный температурный диапазон разъемного соединения SC/APC – от минус 40 °С до плюс 70 °С.

Основное отличие коннекторов типа SC/UPC и SC/APC представлено на рисунке 2.9:



а) Коннектор типа SC/UPC;



б) Коннектор типа SC/APC;

Рисунок 2.9. – Коннекторы SC/UPC и SC/APC

Соединение разнотипных коннекторов недопустимо, так как в месте контакта UPC-APC образуется воздушный зазор, который ведет к потерям от 3,5 дБ. Такое соединение чревато и повреждением торцов обоих ОБ.

В некоторых случаях, при вынужденной экономии мест под размещение больших кроссовых массивов в АТС, допускается применение малогабаритных коннекторов типа LC/APC. Разъем LC имеет размеры примерно в два раза меньшие, чем SC, диаметр наконечника составляет 1,25 мм. Это позволяет реализовать большую плотность при установке на коммутационной панели. Разъем фиксируется с помощью прижимного механизма, исключающего случайное разъединение.

Применение коннекторов типа LC/APC для патч-панелей ОРШ внутри зданий допускается только в отдельных случаях, когда собственником здания

предъявляются жесткие требования к минимальным габаритам ОРШ, и где ОРШ располагается в легко доступном месте с удобной организацией работ.

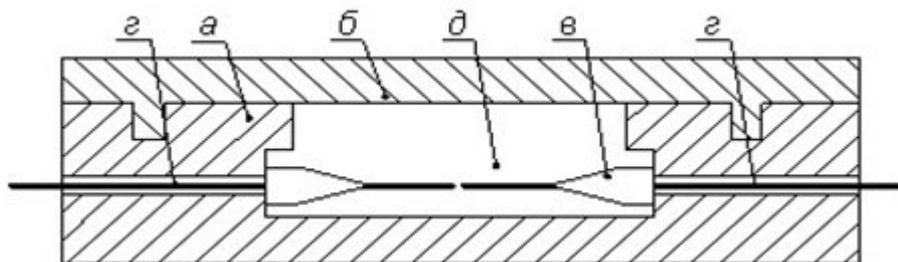
В ООКУ уличного исполнения следует применять коннекторы типа FC/APC или E2000/APC, обеспечивающие стабильность соединения, при часто изменяющихся характеристиках окружающей среды, и предотвращение попадания пыли на плоскость (торец ферулы) оптического контакта. Применение в ООКУ уличного исполнения коннекторов иных типов не допускается.

При оконцевании ОВ на распределительном и абонентском участках следует применять не полируемые коннекторы NPC SC/APC.

2.4.8 Неразъемные соединения

ОВ могут соединяться между собой сварным или механическим способом.

Для механического соединения ОВ используется специальное устройство – сплайс (splice), схематичная конструкция которого изображена на рисунке 2.10:



а) корпус; б) крышка; в) три направляющие; г) концы ОВ; д) иммерсионный гель.

Рисунок 2.10 – Конструкция сплайса для механического соединения оптических волокон

Сплайс состоит из корпуса, в который через специальные каналы и направляющие вводятся сколотые концы ОВ. Направляющие служат для прецизионной стыковки торцов в камере, заполненной иммерсионным гелем, необходимым для сведения к минимуму переходного затухания и герметичности соединения. Показатель преломления геля близок к показателю сердцевины ОВ, что позволяет свести к минимуму обратное отражение. Сверху корпус закрывается крышкой.

Согласно требованиям, вносимые потери в сплайсе составляют меньше или равно 0,5 дБ (среднее значение вносимых потерь в сплайсах различных производителей - 0,1 дБ).

Все механические неразъемные соединения на сети должны быть выполнены под угловую полировку волокна APC.

2.4.9 Оптические сплиттерные распределительные муфты

						БКУТ 370232 КПТ ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			

Оптические сплиттерные распределительные муфты (сплиттерные муфты)

- универсальные кабельные устройства предназначены для монтажа ВОК, размещения сплиттеров и обеспечения защиты мест сращивания ОВ и разветвления ВОК от внешних воздействующих факторов.

Конструкция оптической сплиттерной распределительной муфты для монтажа ВОК наружной прокладки, проектируемой и устанавливаемой в составе линейного участка, строящегося к домам частной застройки должна быть:

– с классом защиты IP68 (для кабельной канализации и грунта) и IP55 (для установки на опорах);

– укомплектована сплайс-кассетами, сплиттерами и оптическими разъемами (адаптерами) в количестве, определенной проектной документацией;

– устойчивой:

а) к статическому гидравлическому давлению 60 кПа (0,6 кгс/см²) в течение всего срока службы (для кабельной канализации и грунта);

б) к воздействию удара не менее 10 Дж;

в) к воздействию осевого растягивающего усилия не менее 100 Н (на открытом воздухе) и 450Н (для кабельной канализации), и значением 20 % от допустимого растягивающего усилия кабеля для прокладки в грунт;

г) к осевому кручению введенного в нее кабеля на угол не менее 90°;

д) к воздействию и циклическому изменению температур в диапазоне от минус 40°С до 50 °С (для кабельной канализации и грунта) и от минус 60 °С до 70 °С (на открытом воздухе);

е) к воздействию инея, росы, дождя, пыли, солнечного излучения (на открытом воздухе);

ж) к вымораживанию в лед и оттаиванию (для кабельной канализации и грунта);

– компактной, простой в монтаже с возможностью легкого многократного доступа внутрь к кассетам

– совместима с любыми типами ВОК (с одной/двумя оболочками, с одним/двумя силовыми элементами, бронированный и т.д.);

– приспособлена:

а) для укладки запасов, как длин ОВ величиной не менее 1,2 м с каждой стороны, так и транзитного волокна с радиусом изгиба ОВ не менее 30 см;

б) для обеспечения надежной фиксации гильз КДЗС;

– рассчитана на ввод и вывод соответствующих кабелей в количестве, определенной проектной документацией.

					БКУТ 370232 КПТ ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

В случае ввода в муфту бронированных кабелей в ней должны быть предусмотрены шпильки заземления и комплект проводников заземления

Специальные оптические распределительные муфты, предназначенные для установки в затопляемых местах должны иметь на корпусе клапан под насос для возможности подачи и контроля воздуха в муфте.

Специальные оптические распределительные муфты (коробки), подвешиваемые на опорах должны иметь конструктивно защиту от несанкционированного доступа и вандализма.

Дополнительно муфта может быть оборудована специальной защитой от воздействия ультрафиолетового излучения и/или пуленепробиваемым кожухом.

3.

					БКУТ 370232 КИТ ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

3. РАСЧЕТ ОПТИЧЕСКОГО БЮДЖЕТА

Оптический бюджет волоконно-оптической линии связи, или ориентировочное затухание оптической линии – это прогнозируемая сумма потерь оптического сигнала на всех компонентах ВОЛС. Оптический бюджет ВОЛС рассчитывается в основном на этапе проектирования линии и подбора каналообразующего оборудования

Каждый компонент оптического линейного тракта PON имеет свою величину оптических потерь. Допустимые потери оптического сигнала на всем пути от оптического передатчика до приемника не должны превысить оптический бюджет мощности. Оптический бюджет, дБ, приемопередающего оборудования определяется как интервал $[OB_{min}, OB_{max}]$, где:

$$OB_{max} = P_{out,min} - P_{in,min}, (1)$$

$$OB_{min} = P_{out,max} - P_{in,max}, (2)$$

где $P_{out,min}, P_{out,max}$ – допустимый разброс мощностей передатчиков;

$P_{in,min}, P_{in,max}$ – допустимый уровень принимающего сигнала на приемниках, при котором коэффициент ошибок (BER) не превышает заданный уровень.

Волоконно-оптический канал электросвязи удовлетворяет заданному бюджету, если потери мощности сигнала в канале электросвязи (затухание оптического волокна, потери на коннекторах, оптических разветвителях и других компонентах) с учетом допустимых искажений сигналов, попадают в интервал $[OB_{min}, OB_{max}]$.

Расчеты затухания оптического сигнала выполняются для оптической линии от точки подключения оптического волокна на активном оборудовании (на передатчике) до самого удаленного абонента (на приёмнике). В PON источниками потерь являются:

- полное затухание в оптическом волокне – зависит от его длины и коэффициента затухания OB на определённой длине волны;
- полные потери в сростках сварных соединений – зависят от потерь в каждом сростке и их общего количества;
- полные потери в механических соединениях – зависят от потерь в каждом соединении и их общего количества;
- полные потери в «контактных» разъёмных соединениях – зависят от потерь в каждом соединителе и их общего количества;
- потери в разветвителях OB – зависят от коэффициента разветвления сплиттера (количества его портов);
- штрафные потери – это потери на изгибы волоконно-оптического кабеля при прокладке.

Сумма всех потерь, возникающих на участке PON, представляет собой энергетический бюджет затухания. При расчетах следует учитывать и

					БКУТ 370232 КПТ ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

технологический запас в виде дополнительных сростков и вставок при проведении ремонтных работ, а также запас на естественное старение оптического волокна. В целом рекомендуется оставлять запас бюджета мощности в 3 дБ. после полностью выполненного подключения всего тракта от стационарного порта OLT на АТС вплоть до абонента ONT.

В рекомендациях и определен диапазон ослабления сигнала в сети PON:

- класс А: 5дБ – 20дБ;
- класс В: 10дБ – 25дБ;
- класс С: 15дБ – 30дБ.

Ширина диапазона допустимого ослабления сигнала в сети для оборудования любого класса составляет 15 дБ.

Ширина диапазона допустимого ослабления сигнала определяется адаптационными возможностями детекторов или шириной их рабочих диапазонов. Следовательно, максимальный разброс потерь по оптическим путям сети не может превысить 15 дБ. Этот критерий удобен при проектировании сети, так как позволяет отвлечься от абсолютных уровней принимаемой мощности и свободно строить сеть. По окончании расчета остается лишь выбрать подходящий класс приемопередатчиков либо использовать аттенуатор для приведения полученных потерь по оптическим путям сети в требуемый интервал.

Для каждого канала электросвязи OLT-ONT_i (i=1...N, где N – число абонентских окончаний) можно описать условия на потери в прямом (d) и обратном (u) потоках:

$$OB_{d,min} \leq \alpha_d \cdot L_i + PL_i + WL + RL_i + CL_i \leq OB_{d,max} - \text{Штраф}_d - \text{Запас}, \quad (3)$$

$$OB_{u,min} \leq \alpha_u \cdot L_i + PL_i + WL + RL_i + CL_i \leq OB_{u,max} - \text{Штраф}_u - \text{Запас}, \quad (4)$$

где: L_i – длина i-го канала, км;

α_d и α_u – удельное затухание в оптическом волокне на длине волны прямого и обратного потоков, дБ;

PL_i – вносимые потери всеми разветвителями в i-м канале, дБ;

RL_i – потери на всех коннекторах (разъемных соединениях) в i-м канале, дБ;

CL_i – потери на всех неразъемных сварных соединениях в i-м канале, дБ;

WL – ослабление сигнала на WDM мультиплексоре, дБ;

Штраф – ослабление сигнала из-за деградации волокна/компонентов, влияния внешних условий, искажения формы сигнала из-за хроматической и поляризационной модовой дисперсии, дБ;

					БКУТ 370232 КПТ ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Запас – эксплуатационный запас в виде дополнительных сростков и вставок при проведении ремонтных работ, 3дБ. Штраф может зависеть от длины волны, однако, при этом рекомендуется суммарно оценивать все такие потери величиной 1 дБ.

Рабочие диапазоны приемников/передатчиков меняются в зависимости от направления и скорости передачи. Однако, согласованные требования к ним обеспечивают постоянство оптического бюджета OB_{min} , OB_{max} . Поэтому, индекс для обозначения направления потока опускается.

Для сетей с использованием разветвителей с малым количеством портов (количеством абонентов на один порт OLT) может потребоваться принудительное ослабление сигнала аттенуатором. У приемного детектора, кроме минимальной чувствительности $P_{in,min}$, существует и верхняя граница рабочего режима $P_{in,max}$, которая называется порогом перегрузки (minimum overload). При более мощном сигнале детектор уже не может принимать сигнал с требуемым для рабочего режима уровнем ошибок BER = 10^{-10} , так как выходит в режим насыщения. Учитывая вариации уровня средней мощности, излучаемой лазером, $P_{out,min} \div P_{out,max}$, получаем, что максимально допустимое ослабление сигнала не превышает значение, рассчитанное по формуле (1), а минимально допустимое ослабление сигнала не менее значения, рассчитанного по формуле (2).

Ослабление мощности сигнала в оптических компонентах отдельного канала OLT-ONT_i показано на рисунке 3.1

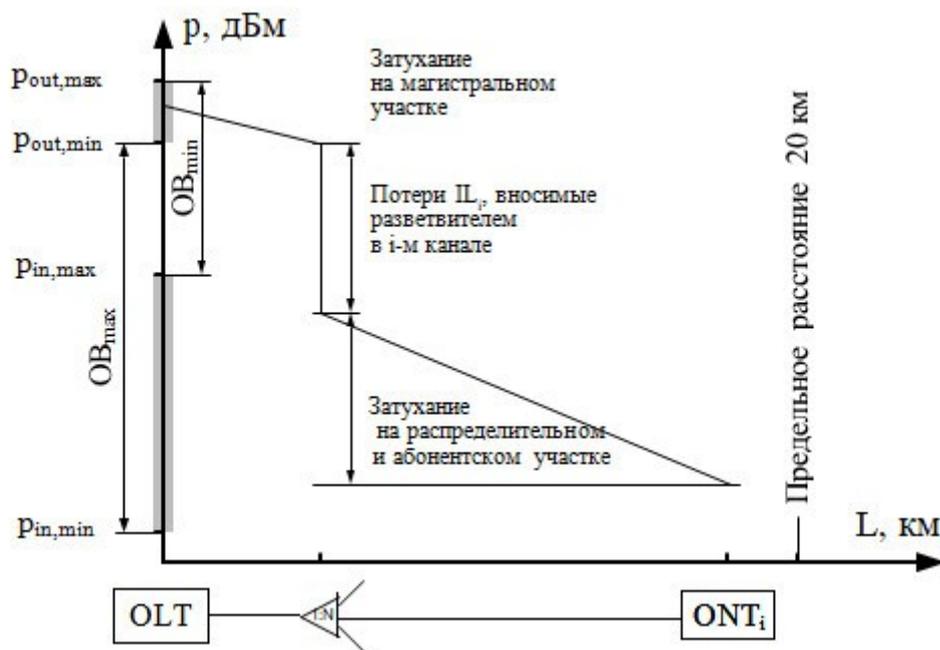


Рисунок 3.1 – Ослабление мощности сигнала

Для расчета оптического бюджета в сети PON с равномерными оптическими разветвителями достаточно рассчитать ослабление сигнала в

одном канале OLT-ONT_i. Расчет оптического бюджета следует производить с учетом данных о реальных параметрах активного оборудования, ВОК и компонентов сети, предоставленных производителями. Расчет бюджета потерь должен подтвердить, что для каждой цепи общая величина потерь (включая запас и штрафные потери) OB_{min} , дБ, удовлетворяет условию :

$$OB_{min} \leq A\Sigma_i \leq OB_{max} - \text{Штраф} - \text{Запас}, (5)$$

где: $A\Sigma_i$ – суммарные потери в линии (между OLT и ONTi) для i-го канала, дБ.

$$A\Sigma_i = \alpha \cdot L_i + \Pi_i + WL + RL_i + CL_i (6)$$

В расчетах должно использоваться большее значение коэффициента затухания ВОК (для каждой длины волны определено значение коэффициента затухания). Окончательный расчет оптического бюджета следует производить с учетом данных о реальных параметрах активного оборудования, разветвителей, ВОК и компонентов сети, предоставленных производителями в таблице 3.1:

Таблица 3.1 – Реальные параметры оборудования

Параметр	Затухание, дБ.
Потери в соединениях волокна	0,05
Потери в оптическом волокне (1310нм), на км	0,35
Потери в оптическом волокне (1490нм), на км	0,24
Потери в оптическом волокне (1550нм), на км	0,2
Потери в оптических коннекторах	0,25
Потери в wdm мультиплекторе(1310нм)	0,7
Потери в wdm мультиплекторе(1490нм)	1,0
Потери в wdm мультиплекторе(1550нм)	1,0
Затухание в 1:2 оптическом сплиттере	3,2
Затухание в 1:4 оптическом сплиттере	7,6
Затухание в 1:8 оптическом сплиттере	11,0
Затухание в 1:16 оптическом сплиттере	14,2

не должно превышать 26 дБ, а для Upstream потока 26,5дБ. Для канала электросвязи OLT-ONT посчитаем общие потери АΣ на всех элементах оборудования с учетом их количества, на длинах волн 1310нм, 1490нм, 1550нм:

–оптическое волокно, 4 км по территории поселка;

–1:32 оптический сплиттер = 1шт;

–wdm мультиплексор = 2;

–оптические коннекторы = 10шт;

–соединения волокна = 10шт.

$$2.1. A_{\Sigma}(1310\text{нм}) = 0,35 \cdot 4 + 17 + 2 \cdot 0,7 + 0,25 \cdot 10 + 0,05 \cdot 10 = 22,8\text{дБ},$$

Отсюда следует, что 26,5дБ – 22,8дБ = 3,7дБ – линия позволяет использовать 3,7дБ для расширения сети.

$$2.2. A_{\Sigma}(1490\text{нм}) = 0,24 \cdot 4 + 17 + 2 \cdot 1 + 0,25 \cdot 10 + 0,05 \cdot 10 = 19,99\text{дБ}$$

Отсюда следует, что 26дБ – 19,99дБ = 6,01дБ – линия позволяет использовать 6,01дБ для расширения сети.

$$2.3. A_{\Sigma}(1550\text{нм}) = 0,2 \cdot 4 + 17 + 2 \cdot 1 + 0,25 \cdot 10 + 0,05 \cdot 10 = 19,83\text{дБ}$$

Отсюда следует, что 26дБ – 19,83дБ = 6,17дБ – линия позволяет использовать 6,17дБ для расширения сети. Подставим, полученные значения АΣ, в равенство (3,4), получим:

$$2.4. OB_{u,\min} \leq \alpha_u \cdot L_i + PL_i + WL + RL_i + CL_i \leq OB_{u,\max} - \text{Штраф}_u - \text{Запас}$$
$$11 \text{ дБ} \leq 22,8 \leq 27,5 \text{ дБ}, \text{ удовлетворяет условию (5).}$$

$$2.5. OB_{d,\min} \leq \alpha_d \cdot L_i + PL_i + WL + RL_i + CL_i \leq OB_{d,\max} - \text{Штраф}_d - \text{Запас}$$
$$15 \text{ дБ} \leq 19,99\text{дБ} \leq 27 \text{ дБ}, \text{ удовлетворяет условию (5).}$$

$$2.6. OB_{d,\min} \leq \alpha_d \cdot L_i + PL_i + WL + RL_i + CL_i \leq OB_{d,\max} - \text{Штраф}_d - \text{Запас}$$
$$15 \text{ дБ} \leq 19,83\text{дБ} \leq 27 \text{ дБ}, \text{ удовлетворяет условию (5).}$$

Произведя расчет самой протяженной линии связи между OLT и ONU видно, что построенная сеть работоспособна и имеет возможность для последующего расширения, не только из за количества свободных портов PON в оборудовании OLT, но и правильно выбранного оптического волокна для построения сети и использования одного сплиттера 1x32 для равномерного распределения оптической мощности по отводам.

					БКУТ 370232 КПТ ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

4 РАСЧЕТ ЭКОНОМИЧЕСКИХ РАСХОДОВ

4.1. Расчет капитальных затрат.

Капитальные затраты – это капитал, который используется организацией для приобретения или модернизации физических активов.

Капитальные расходы представляют собой инвестиционную деятельность предприятия, вложения в покупку оборудования, зданий и сооружений, строительство и т.п. В общем случае капитальные затраты рассчитываются как прирост основных средств во времени (определяется по балансу организации).

В таблице 4.1 представлена смета затрат на оборудование и материалы, необходимые для построения проектируемой сети оптического доступа.

Таблица 4.1 – Смета затрат на оборудование и материалы для проектируемой сети.

Тип оборудования/работы	Цена за оборудование, р.	Количество, шт./ (км)	Общая стоимость, р.
1. Оборудование			
Станционное оборудование (OLT) Eltex LTE-8X	5816	2	11632
Абонентский терминал (ONT) NTP-RG-1402GC-W	162	960	155520
Маршрутизатор Eltex ESR - 1000	9515	1	9515
Источник бесперебойного питания APC	3700	1	3700
2. Материалы			
Шкаф телекоммуникационный SNR 19, 18U	524	1	524
Шкаф телекоммуникационный антивандальный	245	8	1960
ШКОС 19	76	8	608
Распределительная коробка NR-FTTH-FDB-04	9.50	300	2850
Сплиттер 1x64	392.95	18	7073.1
3. Кабельная продукция			
Кабель ОКГ нг-0,22-48П (км)	2461.35	1,1	2707.49
Кабель ОБВ нг (А) - 42 (км)	957.35	1,4	1340.29
Муфта оптическая серии SNR-FOSC-D-T (GPJ-D-T)	60	4	240
Итого:			197669,88

В смете капитальных вложений отсутствуют вложения в создание гражданских сооружений, так как узел связи и шкафы сетей доступа размещаются в существующих зданиях.

В таблице 4.2 составлена сводная смета капитальных затрат на строительство проектируемой сети.

Таблица 4.2 – Сводная смета капитальных затрат на реализацию проектируемой сети

Наименование затрат	Сумма, р.	Структура капитальных затрат, %
Затраты на оборудование и материалы	197669,88	75,2
Затраты на монтажные и пусконаладочные работы (20% от затрат на оборудование)	39533,97	15
Затраты на проектные работы (8% от затрат на оборудование)	15813,59	6
Затраты на транспортные услуги (5% от затрат на оборудование)	9883,49	3,8
Итого (К):	262900,93	100

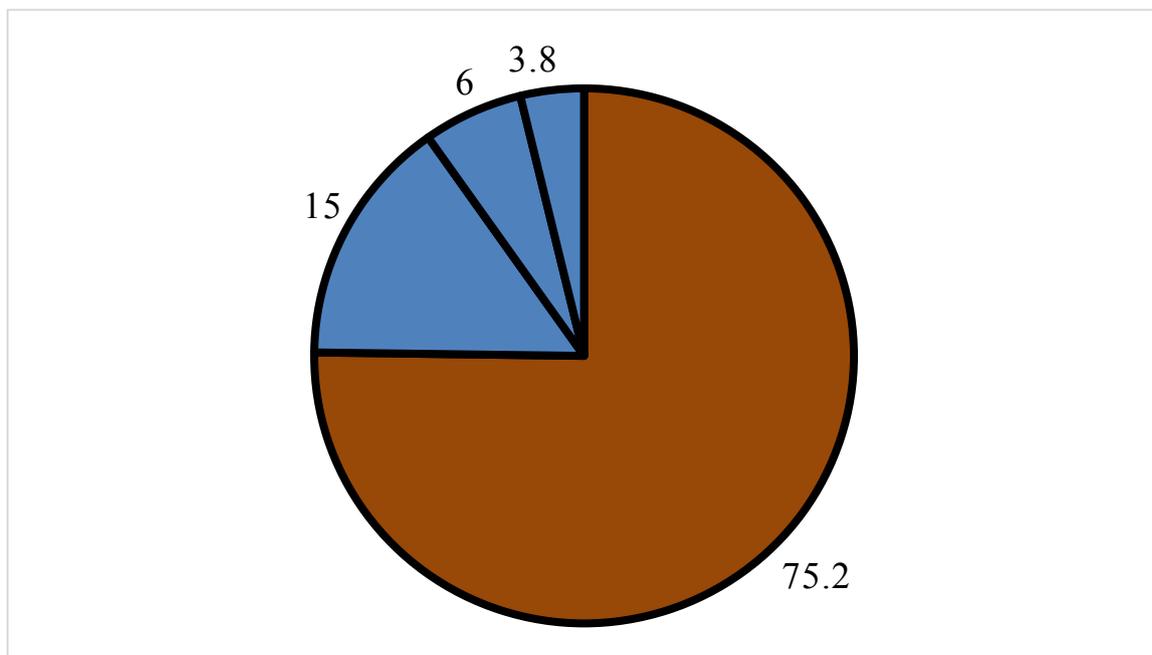


Рисунок 4.1 – Структура капитальных затрат

Величина капитальных вложений, переходящих в основные производственные фонды (ОПФ) проектируемого объекта, принимается на

основании среднего значения, полученного на основе отраслевых отчётных данных, и принята 0,97 (или 97%) от капитальных вложений:

$$\Phi=0,97*K=0,97*262900,93=255013,902р. (4.1)$$

4.2.Расчёт величины затрат на эксплуатацию

Эксплуатационные затраты представляют собой стоимостную оценку использованных в процессе производства за определенный период (год) трудовых ресурсов, основных фондов и оборотных средств.

Расчет годовых затрат на эксплуатацию вводимого оборудования складывается из следующих основных статей затрат:

- затраты на оплату труда (ФЗП);
- страховые взносы (30% от ФЗП);
- амортизационные отчисления;
- затраты на материалы и запасные части;
- затраты на электроэнергию со стороны для производственных нужд;
- прочие затраты.

Рассчитаем фонд оплаты труда. К основным производственным рабочим на рассматриваемом предприятии относятся рабочие связи, занятые эксплуатационно-техническим обслуживанием оборудования и сооружений связи (электромонтеры, инженеры).

В общем виде расчет необходимой численности работников занятых эксплуатационно-техническим обслуживанием оборудования и сооружений связи, основан на применении норм времени. Данный расчет определяется формулой:

$$Ч_{обсл}=(N_i*H_{вpi})/\Phi_{рв} (4.2)$$

где N_i – среднее число технических средств (устройств) i -го вида, подлежащего обслуживанию, ед.;

$H_{вpi}$ – норма времени в чел.-час. на обслуживание единицы i -го вида оборудования за месяц;

$\Phi_{рв}$ – фонд рабочего времени за месяц.

В качестве норм времени примем величины, определенные опытным способом на других сетях (таблица 4.3). Числом технических средств (N_i) здесь принимается количество абонентских терминалов (портов PON).

Низкие величины нормативов обусловлены минимальным количеством активного оборудования на сети, а также применением единой системы мониторинга и управления сетью, предусмотренных технологией PON.

Таблица 4.3 – Нормы эксплуатационно-технического персонала

Категория персонала	Норматив, чел. – час/ порт за месяц
Инженер	0,21
Электромонтёр	0,35

Численность работников может быть представлена дробной величиной, т.к. речь идёт не о физических единицах людей, а о штатных единицах.

В расчёте количества штатных единиц применяется коэффициент, учитывающий увеличение численности работников за счет подмены на время очередных отпусков, равный 1,08.

ФЗП для административного (менеджеры, абонентский отдел, бухгалтерия и т.д.) и обслуживающего (уборщики и т.д.) персонала принимаем равным 40% от величины ФЗП эксплуатационно-технического персонала.

Фонд рабочего времени за месяц ($\Phi_{рв}$) составляет 168 часов.

Число технических средств (устройств) i -го вида, подлежащего обслуживанию (N_i) составляет 1020 единиц.

Произведём расчеты по формуле 4.2:

–Инженеры:

$$Ч_{обсл}=1.08*(1020*0.21)/168=1.08*214.2/168=1,38 \text{ чел.}$$

–Электромонтёры:

$$Ч_{обсл}=1.08*(1020*0.35)/168=1.08*357/168=2,30 \text{ чел.}$$

–Специалист технической поддержки:

$$Ч_{обсл}=1.08*(1020*0.2)/168=1.08*204/168=1,31 \text{ чел.}$$

Расчёт величины ФЗП и страховых взносов сведён в таблицу 4.4.

Таблица 4.4 – Расчет величины ФЗП и страховых отчислений

Категория персонала	Количество штатных единиц	Оклад, р.	ФЗП, р. (год)
Инженер	1,38	750	12420
Электромонтёр	2,30	580	16008
Специалист тех. поддержки	1,31	450	7074
Итого:			35502
Отчисления страховых взносов(30%)			10650,6

Таким образом, годовой фонд заработной платы составляет 35502 рублей. Отчисления на социальные нужды составят 10650,6 рублей

Далее рассчитаем амортизационные отчисления.

Амортизация представляет собой постепенный перенос стоимости основных производственных фондов (ОПФ) на стоимость вновь создаваемой продукции или услуг по мере их износа. Количественной мерой амортизации являются амортизационные отчисления, предназначенные на реновацию ОПФ.

Амортизационные отчисления на полное восстановление ОПФ (А) определяются исходя из сметной стоимости ОПФ (кабельных линий связи,

аппаратуры систем передачи) и норм амортизации на полное восстановление. На предприятии расчет амортизационных отчислений осуществляется линейным способом.

Сумма амортизационных отчислений (A_m) определяется по формуле:

$$A_m = N_{ам} * \Phi, (4.3)$$

где $N_{ам}$ – норма амортизации;

Φ – первоначальная стоимость ОПФ.

Норма амортизационных отчислений рассчитывается по формуле:

$$N_{ам} = 100/T, (4.4)$$

где T – срок окупаемости, равный 5 годам.

$$N_{ам} = 100/5 = 20\%$$

Таким образом, норма амортизации отчислений составляет $N_{ам} = 20\%$.

Расчёты начисления амортизации и изменения стоимости основных фондов записано в таблице 4.5.

$$A_m = 20 * 197669,88 = 39533,98р.$$

Таблица 4.5 – Расчёт амортизационных отчислений

Наименование групп ОПФ	Стоимость Φ , р.	Норма амортизации $N_{ам}$, %	Срок окупаемости, лет	Сумма, амортизационных отчислений, р.
Основное оборудование	197669,88	20	5	39533,98
Итого:	197669,88			39533,98

По результатам расчетов сумма амортизационных отчислений составляет 39533,97 рублей в год.

Произведём расчет величины налога на имущества (таблица 4.6)

Налог на имущество возьмём 2%.

Таблица 4.6 – Расчет налога на имущество

Год	$\Phi_{нг}$, р.	$\Phi_{кг}$, р.	Амортизационные отчисления, р.	Налог на имущество, р.
1	197669,88	158135,90	39533,98	3558,06
2	158135,91	118601,92	39533,98	2767,38
3	118601,92	79067,96	39533,98	1976,69
4	79067,96	39533,98	39533,98	1186,02
5	39533,98	0	39533,98	395,34

Материальные затраты включают в себя расходы, связанные с приобретением вспомогательных материалов, запасных частей, топлива. Также сюда относятся затраты на оплату электроэнергии со стороны для производственных нужд.

Величина расходов на электроэнергию принимается равной 1% от суммы эксплуатационных затрат. Прочие расходы включают выплаты

процентов по краткосрочным ссудам банков; оплату консультационных, информационных, банковских и аудиторских услуг; представительские расходы, связанные с коммерческой деятельностью операторов связи; расходы на рекламу и маркетинговые исследования; затраты на аренду нежилых помещений.

Затраты на материалы и запасные части и прочие затраты составляют 6% и 8% соответственно. Проведённые выше расходы сведём в смету (таблица 4.7).

Таблица 4.7 – Эксплуатационные расходы

Наименование затрат	Сумма, р.
ФЗП	35502
Страховые взносы	10650,6
Амортизационные отчисления	39533,98
Электрическая энергия	2629,01
Затраты на материалы и запасные части	15774,05
Прочие расходы	21032,07
Итого	125121,71

4.3. Определение доходов от реализации проекта

При планировании финансовых результатов применяется свободный (рыночный) способ ценообразования, то есть тарифы устанавливаются по усмотрению компании.

Формирование стратегии ценообразования предусматривает ряд этапов:

- определение оптимальной величины производственных затрат в условиях

 - сложившегося уровня цен на рынке;

- установление полезности предлагаемого на рынок товара и сопоставление его потребительских свойств с запрашиваемой ценой;

- расчёт объёма производства продукции и доли рынка, обеспечивающей

 - оптимальное достижение поставленной управленческой цели;

- анализ конкуренции: прогноз ответной реакции конкурентов и её влияния

 - на ценовые мероприятия.

Общий объем доходов от основной деятельности определяется их суммой, полученной от всех видов услуг, предоставленных соответствующим группам потребителей.

Доходами от ввода сети в эксплуатацию считается абонентская плата за предоставляемые услуги, а именно: услуги кабельного телевидения, доступ в

интернет и телефонии. Однако необходимо учесть, что часть абонентской платы необходимо перечислять провайдеру за пользование услугами. Вследствие этого абонентская плата для пользователей должна быть выше стоимости услуги провайдера. Однако, слишком высокие тарифы могут вынудить пользователей отказаться от услуг проектируемой сети, поэтому абонентская плата должна быть приемлемой. Плата за подключение к сети не взимается для повышения лояльности пользователей.

Анализ технико-экономических показателей показывает, что можно сделать вывод об экономической целесообразности строительства сети.

					БКУТ 370232 КИТ ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

5.ОХРАНА ТРУДА

5.1.Охрана труда при обслуживании оптического волокна

1. Общие требования охраны труда

К выполнению работ на волоконно-оптических кабелях связи допускаются лица не моложе 18 лет, прошедшие медицинское освидетельствование, вводный и первичный на рабочем месте инструктажи по охране труда, обучение методам и приемам безопасной работы, проверку знаний требований охраны труда, имеющие соответствующую квалификацию и группу по электробезопасности не ниже III.

Работа на волоконно-оптических кабелях связи производится бригадой. в составе не менее двух человек.

Работы проводятся по наряду, по распоряжению.

Каждый работник должен быть обеспечен специальной одеждой и специальной обувью и средствами индивидуальной защиты, в соответствии с Типовыми отраслевыми нормами бесплатной выдачи специальной одежды, специальной обуви и других средств индивидуальной защиты работникам связи, согласно его профессии и должности.

Дополнительно работнику, выполняющему монтаж волоконно-оптического кабеля, необходимо пользоваться клеенчатым фартуком и иметь защитные очки для наблюдения за сваркой.

При проведении работ на волоконно-оптических кабелях связи возможно воздействие следующих опасных и вредных производственных факторов:

- повышенное значение напряжения электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека;
- возможность образования взрыво- и пожароопасных сред;
- работа с вредными веществами (ацетон, эпоксидные смолы, лаки);
- возможность воздействия лазерного излучения генератора;
- попадание остатков оптического волокна на кожу работника;
- неблагоприятные метеорологические условия.

Персонал, проводящий работы на волоконно-оптических кабелях связи, обязан:

- выполнять только ту работу, которая ему поручена;
- соблюдать правила внутреннего трудового распорядка;
- знать правила пользования средствами индивидуальной защиты;
- соблюдать меры пожарной безопасности;
- уметь оказывать первую медицинскую помощь пострадавшим от электрического тока, от лазерного излучения и при других несчастных случаях;

					БКУТ 370232 КПТ ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

— о каждом несчастном случае пострадавший или очевидец должен немедленно известить непосредственного руководителя работ.

2. Требования охраны труда перед началом работ

Получить задание на выполнение работы.

Получить целевой инструктаж по охране труда.

Подготовить необходимый для выполнения данной работы инструмент, приспособления, приборы и средства индивидуальной защиты и внешним осмотром убедиться в их исправности и готовности к работе.

Проверить комплектацию, исправность и готовность к работе передвижной лаборатории.

Надеть спецодежду, застегнуть и заправить так, чтобы не было свисающих концов.

Подготовить рабочее место.

3. Требования охраны труда во время проведения работ

Монтаж оптического кабеля должен производиться в передвижной лаборатории, оснащенной всем необходимым для безопасного и удобного выполнения работ по монтажу волоконно-оптического кабеля.

Салон кузова машины должен быть оборудован обогревом на период холодного времени года.

В салоне кузова должны быть размещены:

- рабочий стол и стул, удобной конструкции;
- ящик с монтажным материалом и инструментом;
- укрепленный газовый баллон для работы газовой горелки;
- первичные средства пожаротушения;
- канистра с водой;
- аптечка первой помощи;
- тара для сбора отработанной ветоши и сколов оптического кабеля;
- средства индивидуальной защиты;
- устройство для сварки оптического волокна.

Устройство для сварки оптического волокна должно быть заземлено; иметь блокировку подачи высокого напряжения на электроды при открытой крышке узла во время установки оптического волокна; иметь световую индикацию включения напряжения питания и подачи высокого напряжения.

Запрещается эксплуатация прибора со снятым защитным кожухом блока электродов.

В случае необходимости наблюдение за сваркой (при отсутствии дисплея) работник обязан применять защитные очки.

В салоне кузова должна быть приточно-вытяжная вентиляция, а непосредственно у рабочего места должен быть местный отсос, удаляющий

					БКУТ 370232 КИТ ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Осмотреть, привести в порядок и убрать спецодежду и средства индивидуальной защиты в специально отведенное место.

Обо всех недостатках по охране труда, обнаруженных во время работы, необходимо известить своего непосредственного руководителя.

5.2. Охрана труда при строительстве оптических сетей

При строительстве ВОЛС проводят работы по прокладке кабеля, как с использованием средств механизации, так и вручную.

В рабочих чертежах на прокладку кабеля на планах расположения трассы кабеля должны указываться опасные места производства работ, пересечения с газопроводами, нефтепроводами и другими продуктопроводами, с силовыми кабелями и магистральными кабелями связи, а также делаются предупреждающие надписи об осторожности проведения работ на пересечениях кабеля связи с этими подземными коммуникациями.

Для проведения работ по прокладке кабеля распоряжением руководителя предприятия должен быть назначен старший. При прокладке кабеля, на особо ответственных участках, обязательно присутствие руководителя работ (прораба, инженера, бригадира и т.п.).

При прокладке кабеля ручным способом на каждого работника должен приходиться участок кабеля массой не более 20 кг. При подноске кабеля к траншее на плечах или в руках все работники должны находиться по одну сторону от кабеля.

Размотка кабеля с движущихся транспортеров (кабельных тележек) должна выполняться по возможности ближе к траншее. Кабель должен разматываться без натяжения для того, чтобы его можно было взять, поднести и уложить в траншею.

Внутренний конец кабеля, выведенный на щеку барабана, должен быть закреплен. Транспортер должен иметь приспособление для торможения вращающего барабана.

Прокладка кабеля кабелеукладчиками разрешается на участках, не имеющих подземных сооружений. Перед началом работы необходимо осмотреть основные элементы кабелеукладочного агрегата и убедиться в их исправности. При обнаружении неисправности работать на тракторе или кабелеукладчике запрещается.

Прокладка кабеля под проводами воздушной линии электропередачи допускается только при условии соблюдения расстояний от кабелеукладчика, с погруженным на него барабаном, до проводов линий электропередачи.

					БКУТ 370232 КПТ ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

На кабелеукладчике стоять или сидеть разрешается только на специально предназначенных для этого площадках или сидениях. Заходить на заднюю рабочую площадку кабелеукладчика для проверки исправности и соединения концов кабеля можно во время остановки колонны и только работника, руководящего прокладкой кабеля. Во время движения кабелеукладчика находиться на этой площадке запрещается.

При работе с машинами и механизмами (кабелеукладочной техникой), ручным вибрационным инструментом вредными факторами являются шум и вибрация. Следовательно, необходимо использовать индивидуальные средства защиты: рукавицы, защитные очки, виброгасящие рукавицы, противошумовые наушники. Самым опасным фактором при строительстве ВОЛС является лазерное излучение, а самым вредным - работа с виброинструментом.

С целью улучшения условий труда на объектах строительства применяются монтажно-измерительные машины, позволяющие монтажникам и измерителям выполнять сложные и утомительные работы, для чего обеспечивается соответствующее освещение, вентиляция воздуха, надлежащее рабочее место.

При выполнении монтажных работ следует помнить и соблюдать меры безопасности при работах с оптическим кабелем, которые определяются его механическими и геометрическими параметрами.

Опасным фактором при сращивании оптического кабеля является то, что волокна в оптическом кабеле соединяются при помощи сварки электрической дугой с температурой 18000 °С. Сварочный аппарат при сварке необходимо заземлять, все подключения и отключения прибора осуществляются при снятом напряжении питания, сварка проводится под закрытым кожухом. К работе допускаются лица квалификационной группой не ниже III и не имеющие медицинских противопоказаний. При монтаже оптических волокон нужно помнить, что дуговой разряд, возникающий между электродами сварочного аппарата, может быть причиной возгорания горючих газов в смотровых устройствах телефонной канализации.

В монтажно-измерительной автомашине отходы оптического волокна при разделке (сколе) необходимо собирать в ящик, а после окончания работ закапывать в грунт. Необходимо также избегать попадания остатков оптического волокна на одежду, работу с волокном производить в клеенчатом фартуке; монтажный стол и пол в монтажно-измерительной автомашине после каждой смены обрабатывать пылесосом и затем протирать мокрой тряпкой; тряпку отжимать в плотных резиновых перчатках.

					БКУТ 370232 КПТ ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Также необходимо при механизированной прокладке ОК в кабельной канализации обеспечивать надежную служебную связь каждого колодца, в котором находится вспомогательный персонал; при работе с оптическими тестерами не допускать попадания излучения в глаза.

5.3 Охрана труда при прокладке оптического волокна

Прокладка кабеля должна выполняться в соответствии с требованиями “Техника безопасности при строительстве линейно - кабельных сооружений”. Для проведения работ по прокладке кабеля распоряжением руководителя должен быть назначен старший. При прокладке кабеля на особо ответственных участках обязательно присутствие руководителя работ.

При прокладке кабеля ручным способом на каждого работника должен приходиться участок кабеля массой не более 20 кг. При подноске кабеля к траншее на плечах или в руках все работники должны находиться по одну сторону от кабеля.

Размотка кабеля с движущихся транспортеров должна выполняться по возможности ближе к траншее. На поворотах запрещается оттягивать или поправлять руками кабель, а также находиться внутри образуемого кабелем угла.

При прокладке кабеля через водоемы и реки все работы должны производиться с помощью специальных средств, обеспечивающих безопасность рабочих. Для плавного спуска и выхода кабелеукладчика обрывистые берега должны быть срезаны бульдозером или экскаватором на ширину 3-4 метра с уклоном не более 20°. В зоне действия тяговых тракторов при перетяжке кабелеукладчика как на берегах, так и в русле водоема, запрещается присутствие персонала на расстоянии менее 15 метров.

Прокладка кабелей кабелеукладчиками (КУ) разрешается на участках, не имеющих подземных сооружений. Перед началом работы необходимо тщательно осмотреть основные элементы КУ и убедиться в их исправности. При обнаружении неисправности работать на тракторе или КУ запрещается.

На КУ стоять или сидеть разрешается только на специально предназначенных для этого площадках или сидениях. Заходить на заднюю рабочую площадку КУ для проверки исправности кабеля можно во время остановки колонны и только с разрешения работника, руководящего прокладкой кабеля. Во время движения КУ находиться на этой площадке запрещается.

Работу в подземных смотровых устройствах - кабельных колодцах, коллекторах и так далее следует проводить звеном или бригадой, состоящей не менее чем из двух человек.

					БКУТ 370232 КПТ ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

При работе в подземных смотровых устройствах должен выдаваться наряд - допуск. На каждом рабочем, спускающемся в колодец, должен быть одет спасательный пояс с ляжками с надежно прикрепленной к нему веревкой. Спускаться в колодец разрешается только по надежно установленной лестнице.

По обе стороны колодцев, в которых производится работа, должны быть установлены ограждения - барьеры. Если колодец находится на проезжей части дороги, ограждения устанавливаются навстречу движения транспорта на расстоянии не менее 10 - 15 метров от ограждения навстречу движения транспорта должны быть установлены предупредительные знаки, а при плохой видимости - дополнительно световые сигналы.

Открывать колодцы разрешается только специальными медными крюками или ломиками с медными наконечниками.

Запрещается спускаться в колодец без предварительной проверки на наличие опасных газов.

Около колодца, в котором ведется работа, должен находиться дежурный, который обязан следить за состоянием спустившихся в колодец рабочих.

Периодические проверки воздуха в колодце на присутствие опасных газов и вентиляция колодцев, в которых ведутся работы, является обязанностью дежурных: воздух должен проверяться не реже одного раза в час.

К работам по скрытой горизонтальной проходке следует приступать только при наличии согласованного с соответствующими организациями рабочего проекта.

При наличии на строящейся линии связи газопровода работы по горизонтальному бурению и продавливанию грунта запрещаются.

					БКУТ 370232 КИТ ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данном дипломном проекте рассмотрены технологии пассивных оптических сетей.

Основное внимание было уделено рассмотрению технологий пассивных оптических сетей xPON. В силу своей экономичности, масштабируемости, мультисервисности и возможности обеспечить высокие, до 2,5 Гбит/с, скорости передачи, xPON может считаться одной из немногих технологий, способной удовлетворить растущие требования абонентов к качеству и набору предоставляемых услуг в перспективе.

Далее был произведен расчет оптических потерь сети, доказывающий работоспособность системы.

В ходе написания диплома была рассмотрена архитектура сети xPON, топологии пассивных оптических сетей и ослабление сигнала на расстоянии. Также, на расчет экономической части были выбраны следующие оборудования и кабели:

- станционное оборудование (OLT) Eltex LTP-8X,
- абонентские терминалы (ONT) Eltex NTP-RG-1402GC-W,
- оптические кабели марок ОКГнг и ОБВнг.

Кроме этого, была оценена экономическая эффективность проекта.

В зависимости от дохода, от реализации услуг на базе данных сетей.

Реализация данных технологий позволит предоставить весь спектр предлагаемых услуг абоненту. Так же можно нарастить абонентскую базу и тем самым увеличить доходы.

					БКУТ 370232 КПТ ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

ЛИТЕРАТУРА

1. "Пассивные оптические сети PON." И.И. Петренко, Р.Р. Убайдуллаев
2. МСЭ-Т G.983.1 Оптические системы широкополосного доступа, базирующиеся на пассивной оптической сети (PON).
3. Скляр О.А. Волоконно-оптические сети и системы связи.
4. <https://eltex-co.ru> – сайт производителя Элтекс.
5. Технический кодекс установившейся практики ТКП 300-2011.
6. Правила по охране труда при работах на кабельных линиях передачи сетей электросвязи.

					БКУТ 370232 КПТ ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		