Раздел РПД 1. Разработка вопросов проектных решений по участкам ОСС.

1. Техническое задание на проектирование и его разделы.

Начало всех работ по созданию участков, элементов, сегментов и их связей в общем сетевом решении предполагает наличие **технического задания на разработку.**

Это задание является основой для **всех** технических решений по элементам, структурам и сетевым топологиям, **всех** вопросов согласования и принятия решений по техническим, организационным, юридическим, коммерческим и пр. задачам, решаемых при создании новой сетевой структуры.

1.1.Структура технического задания.

В общем случае техническое задание для конкретного, участка (сегмента) сети, или абонентской сети широкополосного доступа микрорайона содержит следующие основные разделы;

- общие сведения и пожелания;
- назначение и цели создания ВОЛС;
- характеристика объектов;
- требования к проектируемой системе;
- состав и содержание работ по созданию системы;
- требования к документированию.

Общие сведения и пожелания.

В разделе отмечаются наиболее общие характеристики существующей ситуации в регионе (городе, пункте, объекте), рассматриваются перспективы развития и потребности в реализации задач по обеспечению широкополосного доступа в существующие или перспективные сети связи.

Назначение и цели создания ВОЛС.

Возможные применения ВОЛС весьма широки — от линии городской и сельской связи и бортовых комплексов (самолеты, ракеты, корабли) до систем связи на большие расстояния с высокой информационной емкостью.

На базе ВОЛС развивается единая интегральная сеть многоцелевого назначения, это сети широкополосного доступа для предоставления услуг **Triple Play (речь, видео, передача данных), что** существенно расширяет возможности информационного обслуживания абонентов.

Основная задача определить назначение ВОЛС не в общем смысле, а конкретно, какой и сколько трафика будет по ней передаваться, какие проблемы должна решать проектируемая ВОЛС, определить показатели надежности и возможности резервирования по другим направляющим системам, что требует ответа на перечисленные ниже пункты.

Комплекс оборудования и ВОЛС предназначен для:

- обмена данными в сети передачи данных;
- доступ к ресурсам сети Интернет;

- обеспечения надежных каналов передачи информации в пределах сети передачи данных;

- подготовки основы для создания единого информационного пространства на территории региона;

- обеспечение систем безопасности и иных общественных сервисов на территории развертывания сети передачи данных;

- коммерческое использование полученных средств телекоммуникаций в интересах населения и предприятий региона.

Характеристика объектов.

В этом разделе технического задания приводятся характеристики объектов, куда должны быть направлены определенные потоки информации в соответствии с общей структурой организации связи. Основные сведения об объектах должны содержать:

- планы помещений и их «заполненность» существующим оборудованием;
- примерное место расположения нового оборудования, потребности в объемах, требованиях к кондиционированию помещений и поддержанию температурно-влажностного режима;
- определены возможности прокладки новых коммуникационных систем в структуре существующих кабельных каналов, кабель-ростов, кабельных лотков и пр.;
- рассмотрены вопросы размещения оборудования системы мониторинга ВОЛС и ее обеспечение техническим персоналом.

ВОЛС строится в интересах целого ряда организаций, фирм, банковских структур, а так же для обеспечения населения современными услугами связи, и позволяет объединить в единую сеть передачи данных в пределах района или города в целом.

ВОЛС строится как участок первичной сети с взаимодействием с городской сетью передачи данных, телефонии и состоит из магистральной части и сетей доступа (сети жилых домов - зональных СКС).

Магистральная часть связывает между собой населенные пункты, где предполагается развертывание вторичной сети. Она строится на базе волоконно-оптических кабелей (ВОК) связи.

Способ прокладки ВОК выбирается таким образом, чтобы минимизировать ее стоимость, она строится в виде смешанной топологии звезды и дерева.

Зональные СКС предполагается реализовывать, как на волоконно-оптическом кабеле по технологиям FTTx или PON, и на медном кабеле типа UTP категории не ниже 5-й. Вариант реализации будет определяться конкретными условиями. Предполагаемая технология среды функционирования СКС – Gigabit/10G, Ethernet, FTTx (C, B, H) EPON, GPON.

Требования к проектируемой системе.

В настоящем разделе технического задания должны быть изложены основные требования к системе (участку ВОЛС, сегменту сети), которые должны быть учтены при проектировании ВОЛС того или иного уровня:

- наличие стандартизированной оптической среды передачи данных;
- устойчивость системы передачи данных к изменениям затухания оптического сигнала;
- резервирование каналов передачи данных;
- выбор общего способа прокладки магистрального ВОК, ввода кабеля в помещения и его герметизации, а также разводке внутри объектовых кабелей и схема их взаимодействия;
- оценка возможности развития сети в рамках выбранной сетевой технологии при оптимальном соотношении цена/улучшения параметров, в условиях растущего трафика и требований к качеству приложений;
- достаточности скорости передачи информации для исполнения планируемых в сети приложений;
- управляемости - для обеспечения предоставления услуг разного уровня качества и разных по величине параметров;
- надежности и возможности резервирования, гарантирующие достаточное время бесперебойной работы, а также приемлемое время восстановления в случае аварии;
- безопасности информации;
- обеспечение требуемого качества обслуживания клиентов.

Состав проектируемой системы.

Устанавливаемая кабельная система строится по иерархическому принципу с применением однотипных решений для каждого уровня иерархии.

Гарантия на СКС.

Гарантийная поддержка кабельной системы монтируемой ВОЛС осуществляется в течении 25 лет с даты приема в эксплуатацию. Это подразумевает, что монтируемые каналы передачи данных сертифицируются и в течение 25 лет электрические характеристики каналов будут находиться в пределах диапазона параметров.

Состав и содержание работ по созданию системы.

Этот раздел технического задания очень важен с точки зрения планирования работ, необходимых для создания системы или ее частей. Если не предусмотреть тот или иной вид работ, то это приведет к возрастанию затрат на реализацию системы, т.к. эти работы все равно надо проводить, а деньги не заложены.

Можно привести примерный перечень работ в укрупненном виде, однако в проектных решениях должно быть четко оговорено какие работы и в какие сроки будут проводиться, поскольку это может потребовать согласований с другими организациями;

- исследование рынка оборудования, кабельных изделий, элементов пассивной оптики;
- работы по подготовке объектов к монтажным работам;
- поставка оборудования, аппаратуры, кабельных изделий, элементов пассивной оптики, проведение входного контроля;
- работы по организации ввода кабеля в здания и размещение аппаратуры;
- работы по организации кроссовых помещений;
- работы по каблированию горизонтальной кабельной подсистемы;
- работы по каблированию магистральной кабельной подсистемы;
- монтаж подсистемы рабочих мест;
- кроссировка кабельных подсистем;
- прозвонка и маркировка;
- приемо-сдаточные испытания;
- оформление документации.

Настоящий состав работ используется как приложение к договору на монтаж ВОЛС, который может быть дополнен календарным планом и соответственно бюджетом этапа, с указанием сроков поставки и монтажа оборудования.

Требования к документированию.

В ходе проведения работ по проектированию ВОЛС и объектов подготавливается:

- эскизный проект, описывающий, согласно техническому заданию, предварительные технические условия и виды работ, содержит результаты исследований, изыскательских работ и обоснований, неотъемлемой частью эскизного проекта являются протоколы согласований со всеми заинтересованными организациями, как по техническим параметрам проекта, так и по экономическим;
- техническое задание на создание проекта рабочей документации, определяет состав, объем, содержание рабочей документации;
- рабочая документация:

Эскизный проект.

Эскизный проект предназначен для оптимизации выбора решений по созданию структуры ВОЛС, ее назначению и функционированию, а также оценки затрат на реализацию того или иного варианта. Он предполагает в первую очередь проведение изыскательских работ.

Проектно-изыскательские работы проводятся в несколько этапов:

- на этапе формирования требований

  проводятся обследование объекта, сбор и анализ данных об объекте, это позволяет определить основные требования заказчика к необходимым системам или интегрированной системе, определиться с выбором вариантов;
- на этапе оформления технического задания на оснащение оборудованием

учитываются все пожелания и технические требования заказчика к системе, стандарты и положения прочих нормативных документов.

Документом, обобщающим исходную информацию и являющимся итогом нашей, совместной с заказчиком деятельности, в процессе выполнения пред проектных работ, является утвержденное сторонами техническое задание.

Сведения, полученные на этапе изыскательских работ, являются основой для разработки эскизного проекта, который создается:

- на систему в целом;
- модулей системы или отдельным ее частям;
- элементам широкополосного доступа к узлам мультисервисной сети.

Технический проект.

Проектные решения по системе и ее частям, модулям, элементам, узлам доступа, выполненные на основании согласованных вариантов реализации той или иной структуры системы, оформляются в виде пояснительной записки с соответствующими приложениями и документами на основе приведенных в эскизном проекте документацией на систему и ее части.

Документация на поставку оборудования для комплектования системы и ее частей, модулей, элементов, узлов доступа.

Пояснительная записка к техническому проекту, т.н. описательные части;

- описание комплекса технических средств;
- ведомости оборудования и материалов;
- программы и методики испытаний при поставке оборудования, после монтажа, в процессе проведения пуско-наладочных работ.

Рабочая документация.

Производится подготовка точных чертежей, схем и таблиц, позволяющих осуществить детальную привязку компонентов системы и всех, без исключения - модулей, элементов, оборудования, материалов и инструментов для их установки, к объекту (…ам), что является руководством для исполнительной (…ных) организаций при проведении работ по монтажу системы объекта (…ов).

Сметная документация.

Как правило, в проектной документации существуют две структуры сметных расчетов. Первая – это так называемые **локальные сметы**, которые составляются на все модули, элементы, оборудование, материалы, инструменты для их установки, а также работы, связанные с выполнением тех или иных задач. Вторая – это так называемый **сводный сметный расчет,** который характеризует суммарные затраты на реализацию системы. В нем появляются дополнительные статьи расходов такие как:

- выполнение работ в стесненных условиях;
- выполнение работ в зимний период;
- дополнительные расходы, связанные с отсутствием или невозможностью обеспечения в полном объеме, требуемым технологическим оборудованием;

- дополнительные расходы, обусловленные выполнением работ в соответствии с актами скрытых работ, которые не могли быть учтены в локальных сметах;
- непредвиденные расходы;
- прочие расходы.

Каждый, из перечисленных выше этапов заканчивается формированием полного комплекта документации, обеспечивающих Заказчика возможностью контроля реализации проекта и дальнейшего технического обслуживания.

Строительно-монтажные работы.

Рассматриваются вопросы, связанные с особенностями реализации выбранных способов строительства ВОЛС в настоящем проекте. Эти особенности могут быть обусловлены климатическими условиями региона, где предполагается реализация системы, состоянием и наличием инфраструктуры, профилем трассы ВОЛС – особенно при выборе воздушных способов строительства, наличием различных переходов и пересечений с другими объектами. Кроме всего прочего, различные варианты реализации даже одного и того же способа строительства, требуют применения различных видов технологического оборудования, которое не всегда может быть представлено даже в самых высоко оснащенных строительно-монтажных организациях в силу огромного многообразия вариантов диктуемых природными условиями.

Пусконаладочные работы.

Основные проблемы, которые возникают, это согласование параметров аппаратуры с параметрами линии. Даже при тщательном учете всех факторов в составе проектных решений при их реализации возникает очень много проблем инсталляции. Это, прежде всего, относится к узлам коммутации, преобразовательному оборудованию, правильным измерениям параметров оптических линий (трактов), тестовые испытания, паспортизация ВОЛС и оборудования и т.д.

После проведения работ перед вводом системы в эксплуатацию подготавливается документ результатов испытания системы, данные тестов по сертификации, которые являются основанием для выдачи гарантии на систему.

Изменения к техническому заданию и рабочей документации оформляются дополнением или подписанным ЗАКАЗЧИКОМ и ПОДРЯДЧИКОМ протоколом. Дополнение или указанный протокол являются неотъемлемой частью технического задания и рабочей документации.

1.2. Возможные ошибки при разработке проекта системы.

Транспортная среда на основе волоконно-оптических линий связи (ВОЛС) предназначена для объединения всех компонентов системы в единую информационную инфраструктуру. Помимо технических средств к ней могут подключаться также компьютерные сети и другие инженерные системы объектов.

Проектирование современной транспортной среды должно удовлетворять определенному набору требований:

- масштабируемость - подразумевает возможность наращивания пропускной способности ВОЛС и количества подключений объектов, модулей, периферийных устройств без внесения существенных изменений в логическую структуру системы и с наименьшими затратами на дополнительное оборудование;
- мультисервисность - означает, что создаваемая транспортная среда должна иметь полный набор возможностей передачи видео - и аудио информации, а также поддержку всех применяемых протоколов передачи RS-данных и Ethernet-трафика;
- отказоустойчивость ВОЛС должна обеспечиваться за счет резервирования основных узлов и блоков активного оборудования, создания резервных каналов связи и применения современных средств управления потоками данных;
- перспективность созданной ВОЛС в будущем должна обеспечиваться за счет наращивания ее пропускной способности оптическими методами;
- преемственность обеспечивает предоставление дополнительных возможностей без существенных изменений в составе имеющегося активного оборудования и кабельной инфраструктуры.

Рынок поставщиков оборудования ВОЛС и решений на их основе в России находится на стадии интенсивного роста. Среди его фигурантов — и недавно появившиеся, и уже известные компании.

Заказчику порой бывает трудно разобраться во всем многообразии предлагаемых систем, а оценить качество установленных компонент становится просто нереально.

Это неизбежно приводит к ошибкам — как тривиальным, так и фундаментальным. На тривиальных ошибках (например, некорректный расчет оптического бюджета) можно не останавливаться. Гораздо важнее обратить внимание на ошибки фундаментальные, которые возникают при проектировании, даже, казалось бы, в самых обычных вариантах решения системы.

Ошибка первая.

Разработка ВОЛС начинается без учета генеральной схемы развития системы, сети связи региона, объекта и пр. или эта схема выполнена непрофессионально, без учета перспектив и тенденций развития рынка информационных технологий. Причиной этой ошибки является недооценка роли и значения перспективного планирования развития структуры связи.

ВОЛС должна пережить несколько поколений активного оборудования, аппаратуры мониторинга и средств доступа. Расчет требуемой пропускной способности ВОЛС должен базироваться с учетом закона Мура, согласно которому каждые полтора года происходит удвоение

числа транзисторов в микропроцессоре и, соответственно, передаваемого количества информации.

Ошибка вторая.

Необоснованный выбор типа оптического волокна для оптического кабеля (ОК). Проектные организации не уделяют особого внимания выбору типа оптического волокна и выбору его производителя. Для проектировщика важно, чтобы световод обеспечивал требуемую пропускную способность с учетом прогнозируемых модернизаций в течение срока службы оптического кабеля. Для заказчика определяющими часто являются соображения экономического плана.

Необходимо подчеркнуть, что предпочтительным является построение всей транспортной среды на волокнах одной фирмы-изготовителя. В настоящее время параметры одного и того же типа волокон для разных изготовителей имеют очень близкие значения, надежность волокон у разных фирм примерно одинаковая.

Ошибка третья.

Консервативный выбор активных компонентов ВОЛС. Причина, — неоптимальный выбор технических средств передачи информации в ВОЛС, — объясняется не полным исследованием рынка аппаратуры и попытками выбора более дешевой, но менее функциональной.

Самое распространенное поведение инсталлятора в условиях жесткого конкурса заключается в том, что он соглашается удовлетворить все требования заказчика, а после победы в конкурсе на стадии подписания контракта или в процессе поставок отыгрывает назад заведомо невыполнимые или трудновыполнимые требования, прикрываясь различными причинами.

Ошибка четвертая.

Неправильный выбор подрядчика при создании ВОЛС. Чаще всего заказчик выбирает подрядчика, исходя только из экономических соображений. Создание ВОЛС — сложный, высокотехнологичный процесс, при котором важно, чтобы подрядчик был надежным и квалифицированным - ошибки и плохое качество монтажа оборачиваются большими эксплуатационными затратами. Главное в выборе подрядчика — высокий профессионализм, позволяющий обеспечить гарантированное качество монтажа активных и пассивных компонентов.

Ошибка пятая.

Неправильная приемка технических средств или ее отсутствие. Приемка должна быть сплошной и проводиться по всем важнейшим техническим параметрам. В первую очередь, это касается оптических кабелей и аппаратуры линейного тракта. Не менее важен входной контроль приемопередающего оборудования.

Ошибка шестая

Неправильно организованный технический надзор за проектированием и строительством. Очень часто технический надзор за проектированием и монтажом проводится без системно или не проводится вовсе. Причиной

этого является отсутствие или слабость у многих заказчиков и конечных пользователей эксплуатационных служб, а также недостаток соответствующей нормативно-технической документации.

Целью технического надзора за созданием ВОЛС является проверка соблюдения подрядчиком всех технологических нормативов и принятых проектных решений. Технический надзор должен сопровождать все этапы проектирования и монтажа ВОЛС.

Обязательным условием проведения технического надзора является наличие норм на проверяемые параметры ВОЛС, наличие методик и правил проверок этих норм.

Ошибка седьмая

Неправильная организация обучения специалистов. Некоторые заказчики не придают особого значения квалификации специалистов проектно-монтажных организаций, предполагая выставление штрафных санкций за ошибки при проведении работ. Однако многие ошибки при создании ВОЛС носят скрытый характер и их последствия проявляются не сразу.

Создание и эксплуатация ВОЛС требуют подготовки специалистов соответствующего уровня, поэтому экономить на обучении специалистов нельзя.

1.3. Некоторые примеры реализации разделов технического задания.

Обобщенная структура организации связи.

В структуре сети связи района должна быть отражена перспектива развития, а именно обеспечение всеми услугами мульти сервисных сетей - **Triple Play**. Характеристика микрорайона по следующим критериям:

- ориентировочное количество домов в микрорайоне;
- ориентировочное количество абонентов в микрорайоне;
- оценка потребностей в услугах связи – телефония, передача данных (интернет), каналы ТВ, сети по стандарту Ethernet или FastEthernet.

Оценка пропускной способности участка сети широкополосного доступа.

Это достаточно сложная задача, так как предполагает учет всех или основных факторов, влияющих на состояние и развитие сети связи района. Для ее надежной оценки должен быть выполнен многофакторный анализ структуры связи, однако в инженерных расчетах очень часто довольствуются приближенной оценкой этого параметра, учитывая только основные моменты формирования структуры связи.

Предлагается учитывать схему распределения цифровых потоков по абонентам, составленную на основании сведений по численности населения и наличие предприятий и организаций.

Название микрорайона……

Количество домов…….

Количество абонентов по каждому дому……..

……..

Технология построения сети……..

Объекты (дома, организации и пр. в заданном микрорайоне) – перечисляются типы объектов и их количество, например, жилые дома 12 этажей – 2, детский сад – 1, школа здание 5 этажей – 1, и т.д., по каждому объекту определяется количество абонентов:

H_{01} =……аб.;

H_{02} =……аб. И т.д.

Скорость обмена в сети, которая должна быть предоставлена одному абоненту для получения услуг Triple play, может бать определена из следующих соображений.

Техническое обеспечения заданного QoS (оценка качества обслуживания) – это в первую очередь реализация необходимой полосы пропускания сети абонентского доступа.

Безусловно, наибольшую лепту в загрузку полосы пропускания внесет видеотрафик. С известной долей приближения можно считать, что сегодня один канал телевизионной трансляции или VoD требует скорости передачи порядка 8 Мбит/с. Ситуация заметно улучшится, когда перейдем на стандарт MPEG-4, но в любом случае для получения качественного изображения для видеотрафика нужно будет резервировать порядка 8 Мбит/с на один цифровой канал. Для передачи сигналов HDTV скорость в канале должна быть увеличена как минимум до 12 Мбит/с.

Другим ресурсоемким приложением с точки зрения пропускной способности абонентского канала является игровой сервис. Для полноценного погружения в сетевые игры, особенно в ролевые, необходима скорость не менее 4 Мбит/с. Остальные приложения не столь «прожорливы»: для телефонной связи хватит 64 кбит/с, качественное радиовещание обеспечивается 128 кбит/с, для «серфинга» в Интернете вполне достаточно 10 – 15 Мбит/с (хотя можно иметь скорость и больше, меньше 25 Мбит/с сейчас не предоставляют).

Получаем, что минимальная скорость, предоставляемая одному абоненту должна определятся суперпозицией скоростей по каждой из предоставляемых услуг.

Таким образом, оценка скорости, предоставляемой каждому абоненту в сети, может быть определена по выражению:

$$V_{\sum аб} = (N_{аб} \times 0{,}064) \times Y_{тлф} + V_{\sum инт} \times Y_{инт} + V_{\sum тв} + V_{\mathrm{Eth}} \quad (1.1.)$$

где:

$N_{аб}$ – число ТЛФ каналов, предоставляемых абоненту (1 – 3, для организаций до 10);

$Y_{тлф}$ – удельная нагрузка, т.е. средняя нагрузка, создаваемая одним абонентом, $Y_{тлф}$ = 0,01 – 0,05 Эрл;

$V_{\sum инт}$ – скорость доступа абонента в интернет 10 – 50 Мбит/с (чем больше, тем дороже);

$Y_{инт}$- удельная нагрузка, т.е. средняя нагрузка, создаваемая одним абонентом на канал доступа интернет, $Y_{инт}$ = 0,05 – 0,2, учитывает возможное количество абонентов выходящих одновременно в интернет и время пользования;

$V_{\sum ТВ}$ – суммарная скорость для предоставления услуг ТВ вещания, можно определить из следующих соображений;

- все абоненты пользуются ТВ приемниками одновременно;
- количество ТВ приемников у абонента – макс 3;
- количество одновременно включенных каналов – 2 TV, 1 HDTV;

Таким образом, в приведенном варианте суммарная скорость необходимая для просмотра ТВ программ у одного абонента буде равна:

$$V_{\sum тв} = (2 \times 8 + 1 \times 12) = 28\ Мбит/с$$

V_{Eth} – доступ к локальным ресурсам, интерактивные игры и пр., суммарную потребность в скоростях на одного абонента можно оценить в пределах 2 – 5 Мбит/с.

В результате, к примеру, в сегменте сети на 500 абонентов суммарная скорость обмена в сети составит:

$V_{\sum аб}$ = (2*0,064)*0,03 + 20*0,1 + 28 + 3 = 0,00384 + 2 + 28 + 3 ≈ 34 Мбит/с

$V_{\sum сет}$ = 34*500 = 17000 (Мбит/с)

Таким образом, для предоставления основных услуг абоненту сети пропускная способность абонентского канала должна быть не менее 34 Мбит/с. В зависимости от требований абонентов эта скорость в проекте может быть увеличена, что приведет к увеличению суммарной скорости обмена в сети.

Необходимо отметить, что суммарная скорость будет распределяться по магистральным участкам сети в зависимости от технологии построения сети, количества и потребностей абонентов, обслуживаемых этим участком.

Топологии сетей доступа. Подобные сети, нередко обозначаемые как оптические сети доступа, классифицируются относительно местоположения пассивного оптического оконечного устройства коммутации в структурной схеме ШПД (Рис.1.1.)

1.4. Технология FTTC.

Технология широко применяется для построения сетей кабельного ТВ вещания и представляет из себя гибридную опто-коаксиальную сеть (HFC).

Сеть HFC – иерархическая сетевая конструкция. В состав каждого головного узла входят пары волоконно-оптических приемников-передатчиков, подключенных волоконно-оптическим кабелем к удаленному оптическому узлу. В оптическом узле полученные нисходящие оптические сигналы преобразуются в электрические, а затем направляются в подключенный к узлу коаксиальный кабель. Аналогично, когда оптический узел получает через коаксиальный кабель восходящие электрические сигналы, он преобразовывает их в оптические, а затем направляет в подсоединенный волоконно-оптический кабель.

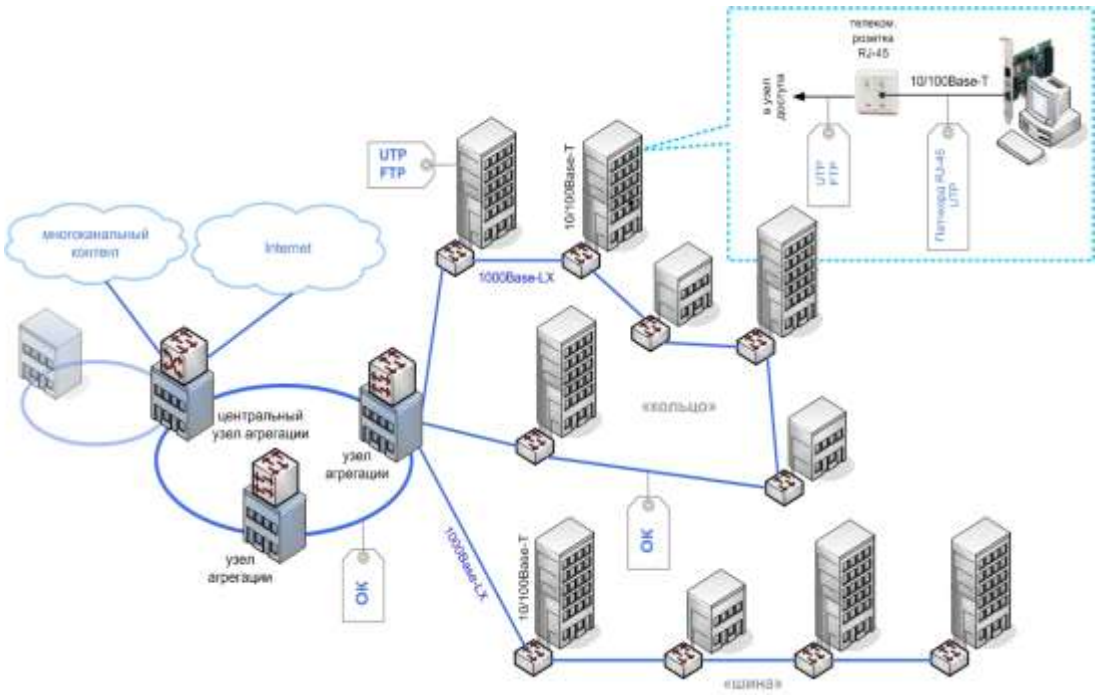


Рис.1.1. Обобщенная структура ОСД.

Типовая структура сети по технологиям FTTC, FTTB представлена на рис.1.2.

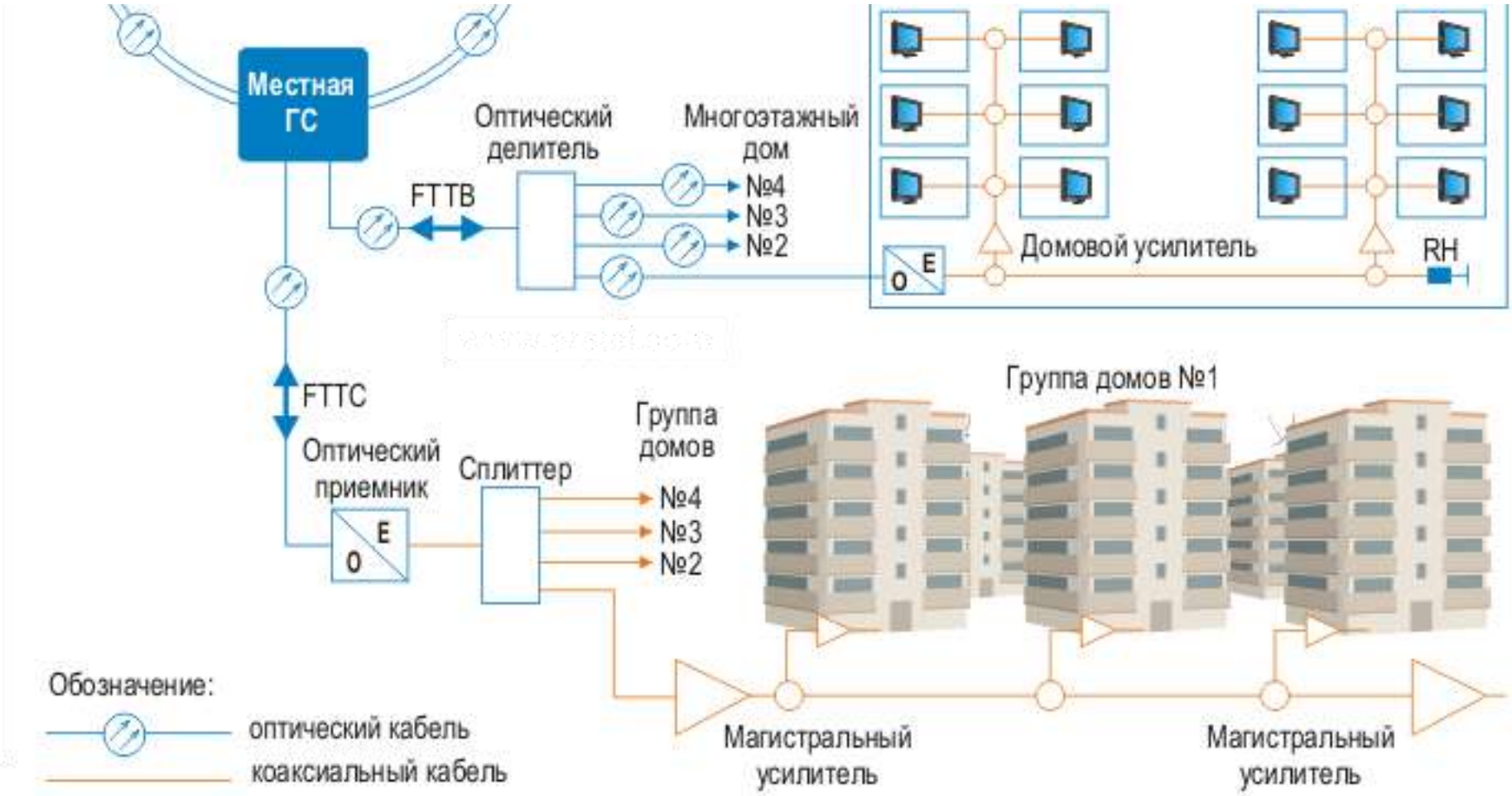


Рис.1.2. Топология сети FTTC, FTTB.

1.5. Технология FTTB.

Архитектура FTTB получила наибольшее распространение, так как при строительстве сетей FTTx на базе Ethernet (ETTx) часто это единственная технически возможная схема. Кроме этого, в структуре затрат на создание сети ETTx разница между вариантами FTTC и FTTB относительно небольшая, при этом операционные расходы при эксплуатации сети FTTB ниже, а пропускная способность выше. Архитектура FTTB доминирует во вновь возводимых домах и у крупных операторов связи, тогда как FTTH будет востребована только в новом малоэтажном строительстве. В первую очередь это связано с существенно более высокой стоимостью ее реализации по сравнению со стоимостью сети FTTC/FTTB, отсутствием преимуществ в полосе пропускания для пользователя.

Под технологией FTTB понимают относительно глубокое проникновение оптики до абонента, т.е. работу оптического узла (ОУ) в среднем на 100…250 абонентов (например, 9…12-ти этажный дом на 4…6 подъездов). При этом после ОУ каскадно включается обычно не более одного коаксиального усилителя (см. рис.1.2).

Топология данной сети во многом повторяет гибридную волоконно-коаксиальную сеть и также состоит из узла передачи данных, магистральной волоконно-оптической линии связи (ВОЛС) и распределительной сети. Отличие FTTB состоит лишь в замене оптических узлов ГВКС на «узлы второго уровня» (усилительные пункты) и кабеля распределительных сетей с коаксиального кабеля на оптический. Головная станция и домовая распределительная сеть не требуют изменения при модернизации, а для магистрали может потребоваться лишь увеличение числа оптических волокон. Исходя из вышесказанного, в сетях FTTB возрастает количество прокладываемого оптоволокна и устанавливаемых оптических приемников.

1.6. Технология FTTH.

FTTH - (англ. Fiber to the Home- оптическое волокно до квартиры). Учитывая, что российские абоненты проживают в основном в многоквартирных домах, FTTH означает, в отличие от FTTB, доведение оптического волокна до квартиры абонента.

Существует два типа организации FTTH сетей: на базе Ethernet и на базе PON.

Архитектуры на базе Ethernet (рис.1.3).

Необходимость быстрого вывода на рынок и снижения стоимости для абонентов привели к появлению сетевой архитектуры на базе Ethernet-коммутации. Передача данных по сети Ethernet и Ethernet-коммутация стали приносить доход на рынке корпоративных сетей и привели к снижению цен, появлению законченных продуктов и ускорению освоения новых продуктов. В основе первых европейских проектов сетей Ethernet FTTH лежала архитектура, при которой коммутаторы, расположенные на цокольных этажах многоквартирных домов, были объединены в кольцо по технологии GigabitEthernet. Эта структура обеспечивала прекрасную устойчивость к различного рода повреждениям кабеля и была весьма рентабельной, но к ее недостаткам можно было отнести разделение полосы пропускания внутри каждого

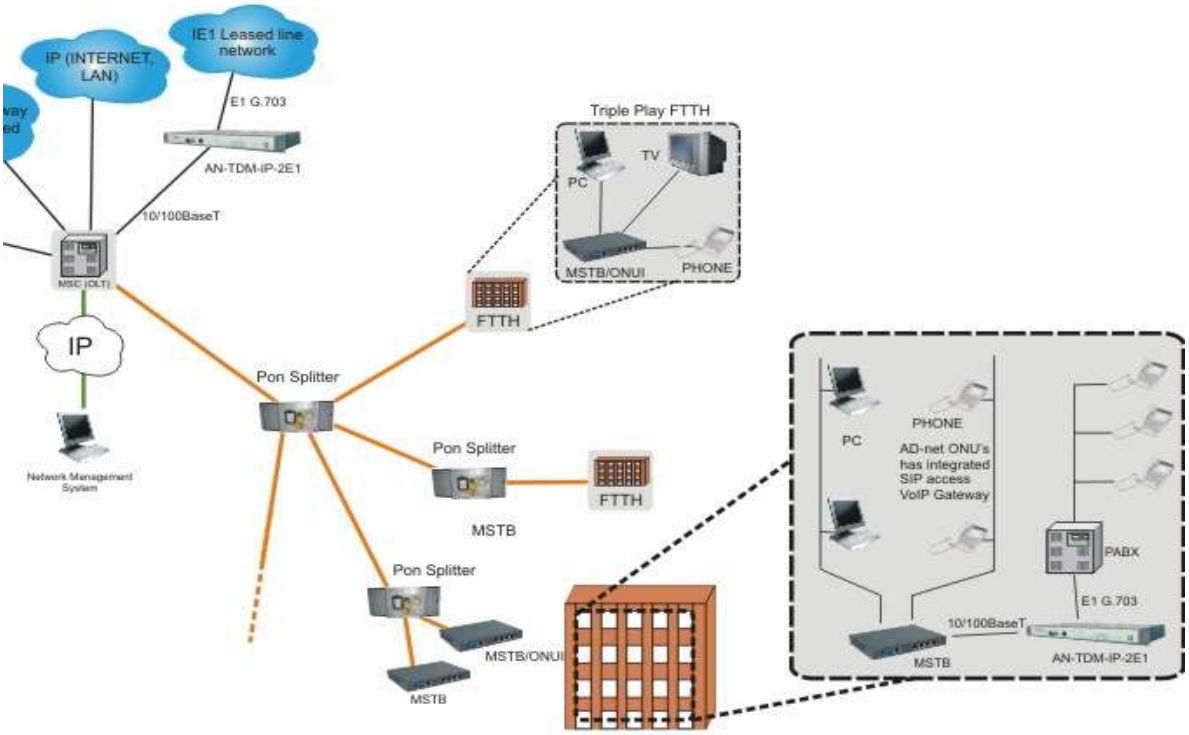


Рис.1.3. Структура построения сети FTTH.

кольца доступа (1 Гбит/с), что давало в перспективе сравнительно небольшую пропускную способность, а также вызывало трудности масштабирования архитектуры.

Затем широкое распространение получила архитектура Ethernet типа «звезда». Такая архитектура предполагает наличие выделенных оптоволоконных линий (обычно одномодовых, одноволоконных линий с передачей данных Ethernet по технологии 100BX или 1000BX) от каждого конечного устройства к точке присутствия (pointofpresence, POP), где происходит их подключение к коммутатору. Оконечные устройства могут находиться в отдельных жилых домах, квартирах или многоквартирных домах, на цокольных этажах которых располагаются коммутаторы, доводящие линии по всем квартирам с помощью соответствующей технологии передачи.

1.7. Технология PON.

Упрощенная структура сети PON представлена на рис.3.3. Оптическая мощность с выхода OLT в узлах сети делится (равномерно или неравномерно) таким образом, чтобы уровень сигнала на входе всех ONT/ONU был примерно одинаков. В случае, когда одна из длин волн (чаще всего 1550 нм) выделяется всем абонентам для передачи телевизионного сигнала, на АТС устанавливается оптический мультиплексор WDM для объединения передаваемых сигналов на длинах волн 1490 нм (голос, данные) и 1550 нм (видео). В обратном направлении сигнал (голос, данные) передается на длине волны 1310 нм.

Таким образом, основная идея технологии PON – использование всего одного приемопередающего модуля в OLT для передачи информации множеству абонентских устройств ONU/ONT и приема информации от них.

Число абонентских узлов, подключенных к одному приемо-передающему модулю OLT («дереву» PON), может быть настолько большим, насколько позволяет бюджет мощности и максимальная скорость приемо-передающей аппаратуры. Для передачи потока информации от OLT к ONU/ONT – прямого (нисходящего) потока используется длина волны 1490 нм. Потоки данных от абонентских узлов в центральный узел, совместно образующие обратный (восходящий) поток, передаются на длине волны 1310 нм. Прямой поток на уровне оптических сигналов является широковещательным (Broadcasting). Каждый ONU/ONT, читая адресные поля, выделяет из этого общего потока предназначенную только ему часть информации.

С точки зрения масштабируемости по полосе пропускания данный подход уже подразумевает достаточно высокую полосу пропускания для абонентского терминала ONU/ONT (до 40 Мб/с индивидуальной полосы при установке до 64 ONU/ONT на «дерево» PON), но при увеличении запроса на полосу со стороны ресурсоемких услуг возможно распределение меньшего количества ONU/ONT на один приемопередающий порт OLT, позволяющее выделить большую полосу для каждого терминала. С точки зрения масштабируемости по услугам достаточно заменить домашний шлюз доступа, если уже установленный не удовлетворяет вновь возникающим запросам. Инфраструктурная часть – ONU/ONT и оптическое волокно – остается неизменной.

Для реализации данного решения в точке присутствия (оператора, предоставляющего услуги связи) устанавливается оборудование OLT, которое терминирует интерфейсы PON и обеспечивает распределение пользовательского трафика по услугам с помощью пассивных оптических разделителей – сплиттеров до ONU/ONT. К одному порту OLT возможно подключение до 64/128 абонентов.

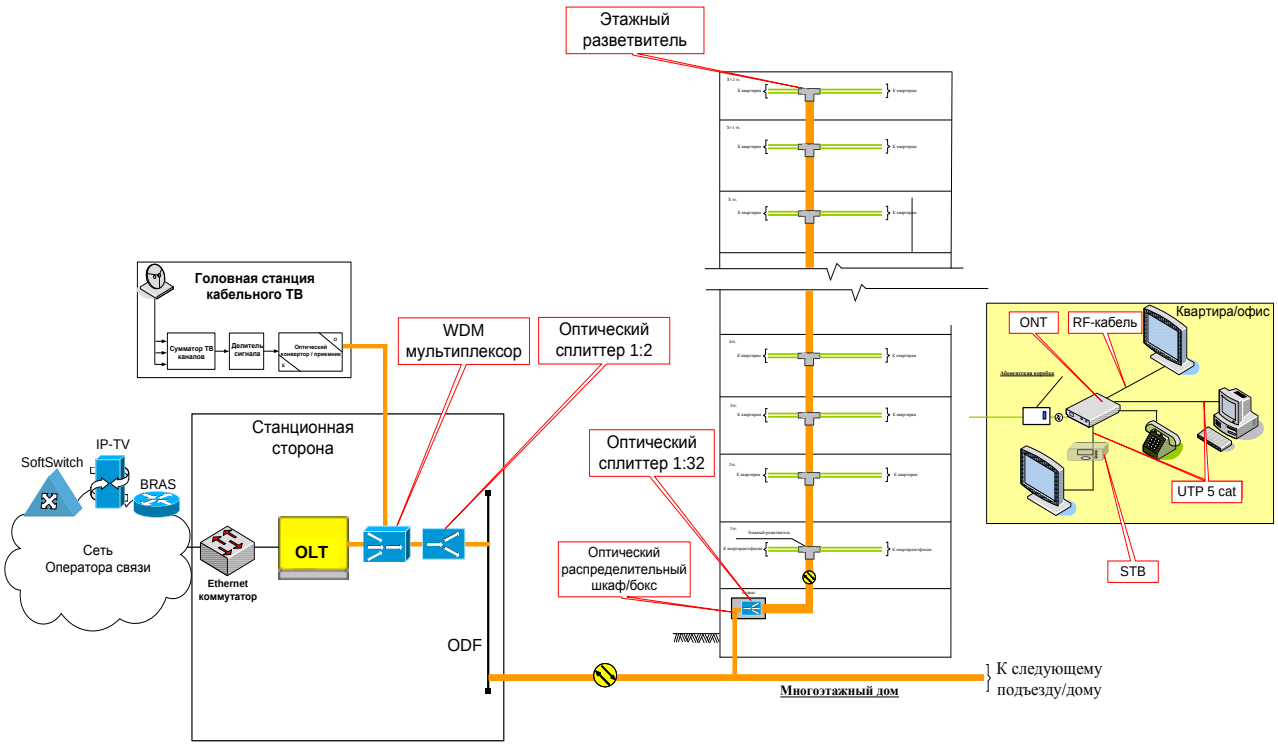


Рис.1.4. Упрощенная структура PON.

В таблице 1.1 приведены основные характеристики существующих стандартов PON.

Табл.1.1. Основные характеристики сетей PON

Характеристики	APON (BPON)	EPON	GPON
Институты стандартизации / альянсы	ITU-T SG15 / FSAN	IEEE / EFMA	ITU-T SG15 / FSAN
Дата принятия стандарта	октябрь 1998	июль 2004	октябрь 2003
Стандарт	ITU-T G.983.x	IEEE 802.3ah	ITU-T G.984.x
Скорость передачи, прямой/обратный поток, Мбит/с	155/155 622/155 622/622	1000/1000	1244/155,622,1244 2488/622,1244, 2488
Базовый протокол	ATM	Ethernet	SDH
Линейный код	NRZ	8B/10B	NRZ
Максимальный радиус сети, км	20	20 (>30)	20
Максимальное число абонентских узлов на одно волокно	32	32 (64)	64 (128)
Приложения	Любые	IP, данные	Любые
Коррекция ошибок FEC	предусмотрена	нет	необходима
Длины волн прямого/обратного потоков, нм	1550/1310 (1480/1310)	1550/1310 (1310/1310)	1550/1310 (1480/1310)
Динамическое распределение полосы	есть	Поддержка	есть
IP-фрагментация	есть	нет	есть
Защита данных	Шифрование открытыми ключами	нет	Шифрование открытыми ключами

Резервирование	есть	нет	есть
Оценка поддержки голосовых приложений и QoS	высокая	низкая	высокая

Способ строительства и конструкция ВОК.

Основной затратной статьей является строительство ВОЛС и здесь надо, по возможности, объективно подойти к выбору способа строительства.

Прежде всего, это анализ существующих возможностей реализации строительства – средства, наличие машин и механизмов, вопросы закупки кабельных компонентов и оборудования и пр.

Правильный выбор способа строительства во многом определит эффективность реализации проекта и существенно зависит от конкретных условий.

Особое внимание заслуживает анализ возможности применения на внутризоновых сетях воздушных способов строительства ВОЛС, как наиболее дешевых и не требующих использования мощных машин и механизмов.

Выбор аппаратуры связи.

Выбор оборудования для реализации созданной схемы организации связи очень важный момент в создании сети связи региона. Здесь нужно учитывать несколько основных положений:

- необходимо выбирать аппаратуру соответствующую последним техническим решения в данном разделе;
- учитывать тот факт, что любая техника, в том числе и техника связи, очень быстро дешевеют, поэтому необходимо уже на стадии проектирования рассматривать возможность замены аппаратуры на более функциональную;
- создавать и развивать систему диагностики и мониторинга, что позволит снизить эксплуатационные расходы на обслуживание системы в целом;
- технические решения аппаратных средств должны быть выстроены на единой платформе, реализованной в данном регионе, что обеспечит широкую взаимозаменяемость оборудования.

К примеру, для схемы организации связи рис.1.1 можно рассмотреть вопрос использования мультиплексоров серии FoMUX (рис.1.3.).

Это серия мультиплексоров, предназначенных для прозрачной передачи цифровых каналов с различными интерфейсами по двум или одному оптическим волокнам. Мультиплексоры обеспечивают

Рис.1.3. Внешний вид мультиплексора FoMUX.

простое и экономичное решение для одновременной передачи 4-х (FoMUX-4LE) или 8-и (FoMUX-8LE) каналов E1, Ethernet 10/100 Mb/s и асинхронного канала с интерфейсом RS-232C. Порт Ethernet 10/100BaseTX обеспечивает автоопределение скорости и полно- и полудуплексного режима (full/half duplex). Порты E1 с интерфейсом G.703 (Balanced) поддерживают режимы прозрачной передачи структурированного и неструктурированного потока данных 2.048 Мгб/с. Каналы E1 передаются независимо друг от друга. Данные асинхронного порта передаются со скоростью до 115,2 Кб/с. Конфигурация устройства осуществляется с помощью DIP-переключателей. Мультиплексор выполнен в малогабаритном корпусе для настольного применения. Возможна установка в 19" стойку при помощи специального крепления. Устройство поставляется с универсальным источником питания для переменного 220 VAC и постоянного 60 VDC тока.

Правильно составленное техническое задание обеспечит не только существующие потребности в информационных потоках, но и развитие связей региона с минимальными затратами.

Раздел РПД 2. Технологии строительства участков сети - магистральных, субмагистральных (распределительных), домовых распределительных сетей

1. Разработка структуры построения магистральных участков сети.

Предусматривается организация сети по технологии FTTB от узла агрегации к проектируемым жилым домам, строительство которых предполагается по ул. Ларина. Вид района в данный момент представлен на рис.1.1.

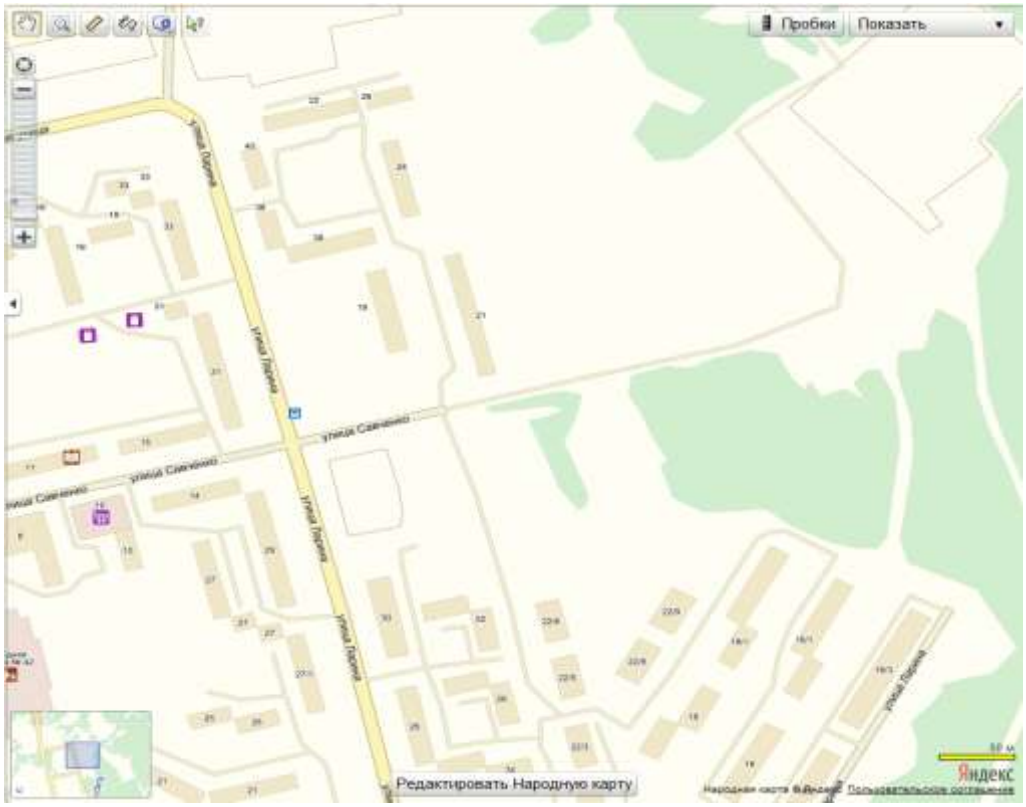


Рис 1.1. г. Петропавловск-Камчатский, Северный район.

Жилая застройка района Северный представлена практически полностью крупно-панельным строительством на базе блок-секций серии 138, типовые проекты которых были разработаны ЦНИИЭП жилища при Госстрое СССР (г. Москва) с учетом сейсмичности до 9 баллов. Привязка типовых проектов к местным условиям конкретного строительства производилась проектным институтом «Камчатскгражданпроект».

Здания в основном 5-ти этажные, представлены как отдельными типовыми 1-2 подъездными блок-секциями, так и их компоновкой в жилые дома с числом подъездов 3 и более. Оборудование узлов доступа (УД) (см. табл.1.1) размещается в настенном шкафу, располагаемом на свободных площадях либо отдельных выделенных помещений в т.ч. элекрощитовых.

Загрузка существующих слаботочных стояков в домах достигает 90%, проходимость каналов ограничена, их использование для целей строительства не предоставляется возможным. Проектом предусматривается

организация новых межэтажных кабельных стояков в каждом подъезде от первого до последнего этажа.

Таблица 1.1. Размешение оборудования узлов доступа

№№	Адрес размещения	
	улица	номер дома по строительному плану застройки
1	Ларина	4.1-
2		1 (12
3		2 (12
4		9
5		8
6		12
7		3 (12
8		7
9		4
10		5
11		1
12		2
13		3
14		11
15		10
16		13
17		6

Магистральный участок сети является одним из основных элементов всей оптической сети. От узла агрегации (УА) до узлов доступа (УД), объединенных в оптические кольца доступа (КД), производится магистральное распределение ОВ. Было принято решение разделить магистральную сеть на 3 КД. В качестве примера схема прокладки магистрального кабеля показана на рис. 1.2. – оптическое кольцо КД-24

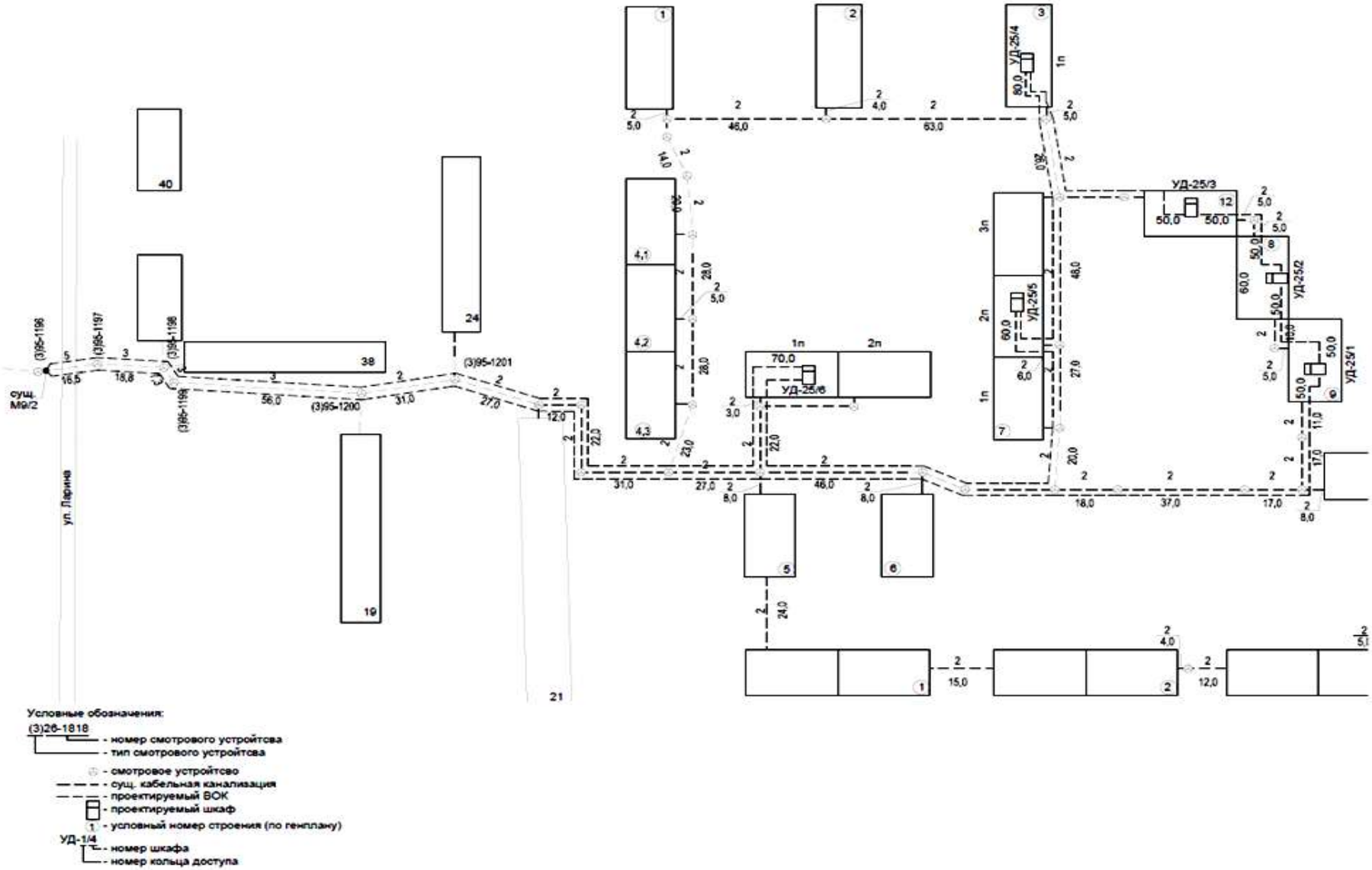


Рис.1.2. Схема расположения оптического кольца КД-24.

2. Некоторые рекомендации по выбору оборудования (пример)**.**

2.1. Оборудование уровня агрегации.

Расширение существующего узла агрегации ОАО «Ростелеком» осуществляется путем установки в существующий телекоммуникационный шкаф в приспособленном помещении по адресу: г.Петропавловск-Камчатский, ул.Вольского, д.4/2 оборудования коммутации и маршрутизации пакетов информации типа QuidwayS5328C-E1-24S (версия ПО VRP 5.30) производства HuaweiTechnologiesCo. общей монтированной емкостью 24 портов Gigabit Ethernet и 2 порта 10 Gigabit Ethernet.

Рис.2.1.Оборудование QuidwayS5328C-E1.

HuaweiTechnologies - мировой лидер в области решений для сетей связи следующего поколения по поставкам телекоммуникационных сетей нового поколения, и в настоящий момент обслуживает 45 из 50 ведущих мировых операторов.

Эффективная поддержка услуг.

Устройства серии S5300 поддерживают расширенную функцию выборочного QinQ. Устройства S5300 поддерживают слежение IGMP, IGMPv3, фильтрацию IGMP, быстрый выход IGMP и IGMP - прокси. Устройства S5300 реализуют функцию MCE.

Высокая надежность.

Кроме традиционных протоколов STP, RSTP и MSTP, устройства S5300 поддерживают новейшие технологии Ethernet, включая SmartLink и RRPP, выполняют защитное переключение каналов с длительностью в нескольких миллисекунд. Устройства S5300 поддерживают функцию BFD и распознавание протоколов OSPF, IS-IS, VRRP и PIM в течение нескольких миллисекунд, что повышает надежность сети.

Устройства S5300 поддерживают два источника электропитания в режиме резервирования, переменного и постоянного тока, которые могут работать одновременно.

Устройства S5300 работают с протоколом VRRP и могут образовывать группу резервирования VRRP с другими коммутаторами 3 уровня.

Эффективная политика QoS и механизм обеспечения безопасности

Устройства S5300 могут осуществлять комплексную классификацию трафика на основе различных данных, включая IP-приоритет, ToS, DSCP, тип IP-протокола, тип протокола ICMP, интерфейс источника TCP, VLAN ID, тип протокола кадра Ethernet и CoS. Устройства S5300 поддерживают двухскоростную функцию CAR с трёхцветной индикацией на основе двух потоков. Каждый интерфейс поддерживает 8 очередей с различным приоритетом и множество алгоритмов диспетчеризации, включая WRR, DRR, SP, WRR+SP и DRR+SP, которые в значительной степени

обеспечивают качество представления услуг сети, включая голосовых услуги, видео услуги и услуги по передаче данных.

Устройства серии S5300 поддерживают различные функции защиты пользовательских данных. Устройства S5300 отслеживают данные о MAC и IP-адресах пользователей, данные аренды, VLAN ID, данные об интерфейсах путём создания и поддержания сводной таблицы DHCP-слежения. Устройства S5300 поддерживают строгое распознавание данных ARP. Это позволяет защитить данные ARP устройств S5300 от полного занятия, которое происходит при выполнении атаки с поддельными пакетами ARP. В результате обеспечивается доступ к сети Интернет для обычных пользователей. Устройства S5300 поддерживают проверку источника и защиту от атак DoS с использованием поддельных MAC-адресов и IP-адресов.

Устройства S5300 осуществляют централизованную аутентификацию MAC-адресов, аутентификацию 802.1X и функции NAC.

Устройства S5300 поддерживают установление лимита распознавания источников MAC-адресов на выбранном интерфейсе.

Простота развертывания и отсутствие техобслуживания

Устройства S5300 отличаются простотой использования и развёртывания. Они поддерживают автоматическое конфигурирование, функцию plug-and-play, автоматическое, групповое и удалённое обновление, что позволяет значительно снизить затраты на техобслуживание.

Богатые возможности IPv6

Устройства S5300 поддерживают двойной стек IPv4/IPv6, туннели IPv6 поверх IPv4 (включая туннели, конфигурируемые вручную, туннели 6to4 и туннели ISATAP), а также переадресацию третьего уровня на скорости линии. Устройства S5300 поддерживают широкий набор протоколов маршрутизации IPv6, включая RIPng и OSPFv3.

PoE

Коммутаторы серии S5300-PWR поддерживают технологию PoE путём использования источников электропитания различной мощности.

Отличная расширяемость

Устройства S5300 поддерживают функцию интеллектуального объединения устройств в группу и функцию plug-and-play. Достаточно соединить устройства при помощи кабелей и групповая система будет сконфигурирована автоматически.

Устройства S5300 поддерживают объединение в группу до 9 устройств, при этом максимальная пропускная способность стека составляет 48 Гбит/с.

Полная схема организации узла агрегации представлена на рисунке 2.2.

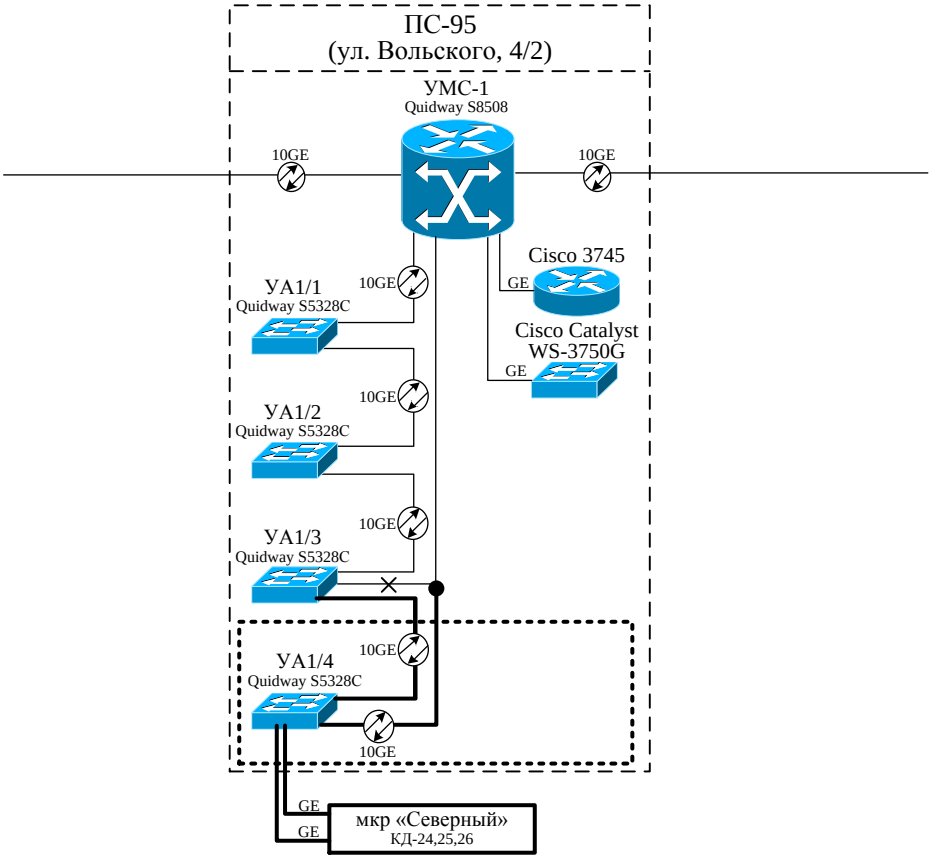


Рис.2.2.Схема организации узла агрегации.

2.2. Оборудование уровня доступа.

Строительство 17-ти узлов доступа (УД) осуществляется путем установки в проектируемые **19” антивандальные телекоммуникационные шкафы** типа MELSKM15 производства ООО «ПАУЭР ИНЖИНИРИНГ» (рис.2.3) в выделенных помещениях жилых зданий по адресам, согласно схеме распределения указанного ниже оборудования. В шкафу возможен монтаж систем обогрева и охлаждения, контроля доступа (датчик открывания дверей и температурный датчик). Корпус шкафа обеспечивает надежную защиту от нанесения преднамеренных повреждений, от воздействия неблагоприятных условий окружающей среды.

Особенности данного шкафа:

- имеет цельносваренную конструкцию;
- дверь утоплена вовнутрь, что исключает возможность силового открытия;
- на двери шкафа установлен замок с повышенной секретностью, с трехточечной фиксацией;
- кабельные вводы осуществляются сверху и снизу шкафа;
- с боковых панелей сделана перфорация для естественной вентиляции шкафа;
- профили состоят из оцинкованного металла и имеют Г-образную форму;
- имеется возможность регулирования профилей по глубине;

Рис.2.3.Шкаф телекоммуникационный антивандальный

Оптические кроссы.

Оптический кросс (OpticalDistributionFrame, ODF, оптическое распределительное устройство) используется для распределения волоконо-оптических кабелей, подведенных на узел связи, с целью обеспечения удобного способа подключения активного телекоммуникационного оборудования и пассивных систем.

Оптический кросс должен обладать следующими возможностями:

- в ODF должен обеспечиваться свободный доступ к любому из оптических портов и возможность оперативного выполнения кроссировочных работ;
- при вводе в эксплуатацию возможность поэтапного наращивание кросса;
- организация коммутационного поля должна обеспечивать возможность оперативного производства монтажа, инсталляцию и коммутацию ОВ, минимизировать возможность их повреждений;
- система укладки ОВ и патч-кордов должна гарантировать соблюдение требований к геометрии изгиба ОВ;

В каждый телекоммуникационный шкаф типа MELSKM15 устанавливаем панели оптические распределительные типа ПОР-19 производства ООО Научно-технический центр «ПИК» (рис.2.4).

Рис.2.4. Оптический кросс ПОР-19.

Панели оптические распределительные стационарные (ПОР-С) предназначены для использования в волоконно-оптических системах

передачи данных для соединения оконцованныхмноговолоконных оптических кабелей с помощью оптических шнуров. Устанавливаются в19"конструктивы.

Оборудование коммутации.

Для перехода из магистральной сети в распределительную используется оборудование коммутации. В данном проекте используем оборудование коммутации пакетов информации типа Quidway S3328TP-SI производства Huawei Technologies Co. (рис.2.5) общей монтированной емкостью 984 порта Fast Ethernet. Оно имеет 24 интерфейса 10/100Base-TX, 2 интерфейса Combo 1000Base-X SFP и 2 интерфейса Combo (10/100/1000Base-T или 100/1000Base-X). Устройство S3328TP-SI/EI может работать как от источника переменного, так и постоянного тока.

Рис.2.5.Оборудование Quidway S3328TP-SI.

Эффективная поддержка широкого набора услуг. Коммутаторы S3300 поддерживают расширенный выборочный механизм QinQ, который может работать без занятия ресурсов ACL. Устройства S3300 поддерживают преобразование значения CoSвнутренней VLAN в аналогичные значения внешней VLAN, а также изменение значения CoS внешней VLAN.

Коммутаторы S3300 поддерживают 1000 групп широковещания и набор протоколов, включая протоколы IGMP-слежения, протоколы фильтрации, алгоритм FastLeave и Proxy. Устройства S3300 поддерживают функцию тиражирования многоадресных пакетов в VLAN с линейной скоростью, равномерное распределение многоадресной нагрузки среди агрегированных интерфейсов и управляемую многоадресную передачу, что позволяет предоставлять услуги IPTV и сервисы многоадресной передачи.

За счёт функции MCE (Множественное оборудование заказчика) устройство S3300 реализует изоляцию пользователей VLAN на базе одного устройства, обеспечивает безопасность и позволяет снизить затраты пользователей.

Гибкая политика QoS и механизм безопасности.

Коммутаторы S3300 могут осуществлять классификацию трафика на основе различных данных, включая IP- приоритет, тип IP-протокола, тип протокола ICMP, интерфейс источника TCP, VLAN, тип протокола кадра Ethernet и CoS. Коммутаторы серии S3300 поддерживают различные функции безопасности и защиты пользовательских данных.

Коммутаторы S3300 отслеживают данные о MAC и IP-адресах пользователей, данные аренды, VLAN ID, данные об интерфейсах путём создания и поддержания сводной таблицы DHCP-слежения. Подобным

образом решается проблема распределения IP-адресов и интерфейсов пользователя DHCP.

Коммутаторы S3300 поддерживают строгое распознавание данных ARP. Это позволяет защитить данные ARP устройств S3300 от полного занятия, которое происходит при выполнении атаки с поддельными ARP пакетами. В результате обеспечивается доступ к Интернет для обычных пользователей. Устройства S3300 поддерживают проверку источника и защиту от атак DoS при помощи поддельных MAC и IP-адресов.

Коммутаторы S3300 поддерживают централизованную аутентификацию MAC-адресов, аутентификацию 802.1X и функции NAC; поддерживается статическое и динамическое увязывание элементов идентификации пользователей, включая учётную запись, IP-адрес, MAC-адрес, VLAN ID, номер интерфейса и клиента в целях защиты от вирусов; реализуется динамическая пользовательская политика, включая политику VLAN, QoS и ACL.

Коммутаторы S3300 поддерживают лимит распознавания источника MAC-адресов на выбранном интерфейсе. Таким образом, устройства S3300 обеспечивают защиту пользователей от атак при помощи поддельных MAC-адресов, а также от лавинной маршрутизации, которая происходит, если пользователь не получает MAC-адрес из таблицы MAC-адресов.

Широкие возможности IPv6

Устройства S3300 поддерживают двойной стек IPv4/IPv6, туннели IPv6 поверх IPv4 (включая туннели, конфигурируемые вручную, туннели 6to4 и туннели ISATAP), а также переадресацию третьего уровня на скорости линии. Устройства S3300 могут применяться в сетях IPv4, сетях IPv6 и комбинированных сетях IPv4 и IPv6. Гибкие режимы организации сети позволяют осуществлять переход от сети IPv4 к IPv6.

Возможности PoE

Коммутаторы серии S3300-PWR поддерживают технологию PoE путём конфигурирования источников электропитания различной мощности. Это означает, что устройства S3300 могут обеспечивать устройства PD (энергозависимые устройства) электропитанием за счёт функции PoE. При этом напряжение -48 В DC предаётся по витой паре (например, IP-телефон и WLAN, AP, устройства безопасности и Bluetooth AP).

Широкие возможности расширения, высокая надёжность и эффективный механизм защиты

Устройства S3300 поддерживают функцию интеллектуального объединения устройств в группу и функцию plug-and-play. Устройства S3300 поддерживают объединение в группу до 9 устройств, при этом максимальная пропускная способность стека составляет 10 Гбит/с.

Отсутствие необходимости в обслуживании и управлении

Устройства S3300 не требуют техобслуживания и поддерживают функцию группового обновления устройств в групповом режиме. Кроме того, устройства S3300 поддерживают функции OAM Ethernet OAM (802.3ah

и 802.1ag), HGMPv2, SNMP, NTP, SSH V2.0, HWTACACS+, RMON, классификацию трафика по интерфейсам и анализ качества NQA сети.

Цифровые кроссы.

Так как прокладка внутри зданий осуществляется 24-х парным кабелем, то дляего соединение с коммутирующим оборудованием необходимо использовать цифровой кросс.

Цифровой кросс (Digital Distribution Frame – DDF) — коммутационное поле врезных контактов для электрического подключения и механического фиксации окончаний кабелей, кабельных элементов и проводников, обеспечивающее коммутацию преимущественно с помощью кроссирующих проводов и перемычек. Кроссы обеспечивают соединение многопарных кабелей с помощью плинтов. Плинты размещаются в шкафах/стойках или в настенных коробках — боксах. В проекте используем цифровые кроссы 110 типа серии СКС-Linепроизводства ЗАО «НТЦ Энергия» (рис.2.6).

Рис.2.6. Цифровые кроссы 19” 110 типа на 1U и 2U с понижением функциональной плоскости и без.

Кроссы 110 типа 19" применяются для построения кроссовых узлов структурированных кабельных систем. Применение 19-ти дюймовых кроссов позволяет легко наращивать кросс по мере необходимости, обеспечивает простоту и удобство в его обслуживании.

5.3. Оборудование распределительной сети.

В каждом подъезде жилого дома устанавливаем распределительные шкафы типа ШРН (рис.2.7).

Рис.2.7. Шкаф распределительный настенный ШРН-П.

Шкаф распределительный настенный – подъездный применяется в качестве распределительной коробки для витой медной пары при реализации проектов FTTB (FiberToTheBuilding).

Особенности конструкции.

Шкаф имеет:

- 2 отверстия Ø51мм на верхней и нижней стенках для установки резиновых втулок, обеспечивающих ввод кабеля в шкаф;
- 2 отверстия 16х25мм на боковых стенках для вывода абонентских линий;
-лепестки для установки 3-х плинтов;
-крышка на шарнирах с замком-защелкой.

Шкафы изготавливаются из стали 1,2 мм, покрытой порошково - полимерной краской.

Сведем все описанное выше оборудование в таблицу 2.1.

Таблица 2.1. Размещение оборудования по ул.Ларина.

Адрес размещения УД		Кол-во УД	Кол-во портов FastEthernet	Количество устанавливаемого оборудования
улица	номер дома по строительному плану застройки квартала			
улица Ларина	4.1-4.3	1	96	Quidway S3328TP-SI – 4 шт.;ПОР-19; кросс 110 – 4 шт.;
	1 (12 эт.)	1	96	Quidway S3328TP-SI – 4 шт.; ПОР-19; кросс 110 – 4 шт.;
	2 (12 эт.)	1	96	Quidway S3328TP-SI – 4 шт.;ПОР-19;кросс 110 – 4 шт.;
	9	1	48	Quidway S3328TP-SI – 2 шт.;ПОР-19;кросс 110 – 2 шт.;
	8	1	48	Quidway S3328TP-SI – 2 шт.;ПОР-19;кросс 110 – 2 шт.;
	12	1	48	Quidway S3328TP-SI – 2 шт.; ПОР-19;кросс 110 – 2 шт.;
	3 (12 эт.)	1	96	Quidway S3328TP-SI – 4 шт.; ПОР-19;кросс 110 – 4 шт.;
	7	1	72	Quidway S3328TP-SI – 3 шт.; ПОР-19;кросс 110 – 3 шт.;
	4	1	48	Quidway S3328TP-SI– 2 шт.;ПОР-19;кросс 110 – 2 шт.;
	5	1	24	Quidway S3328TP-SI – 1 шт.; ПОР-19;кросс 110 – 1 шт.;
	1	1	48	Quidway S3328TP-SI– 2 шт.;ПОР-19;кросс 110 – 2 шт.;
	2	1	48	Quidway S3328TP-SI – 2 шт.; ПОР-19;кросс 110 – 2 шт.;
	3	1	48	Quidway S3328TP-SI– 2 шт.;ПОР-19;кросс 110 – 2 шт.;
	11	1	48	Quidway S3328TP-SI – 2 шт.; ПОР-19;кросс 110 – 2 шт.;
	10	1	48	Quidway S3328TP-SI – 2 шт.; ПОР-19;кросс 110 – 2 шт.;

	13	1	48	Quidway S3328TP-SI– 2 шт.;ПОР-19;кросс 110 – 2 шт.;
	6	1	24	Quidway S3328TP-SI– 1 шт.;ПОР-19;кросс 110 – 1 шт.;

3. Расчет бюджета магистральных участков сети.

3.1. Расчет бюджета участка ВОЛС.

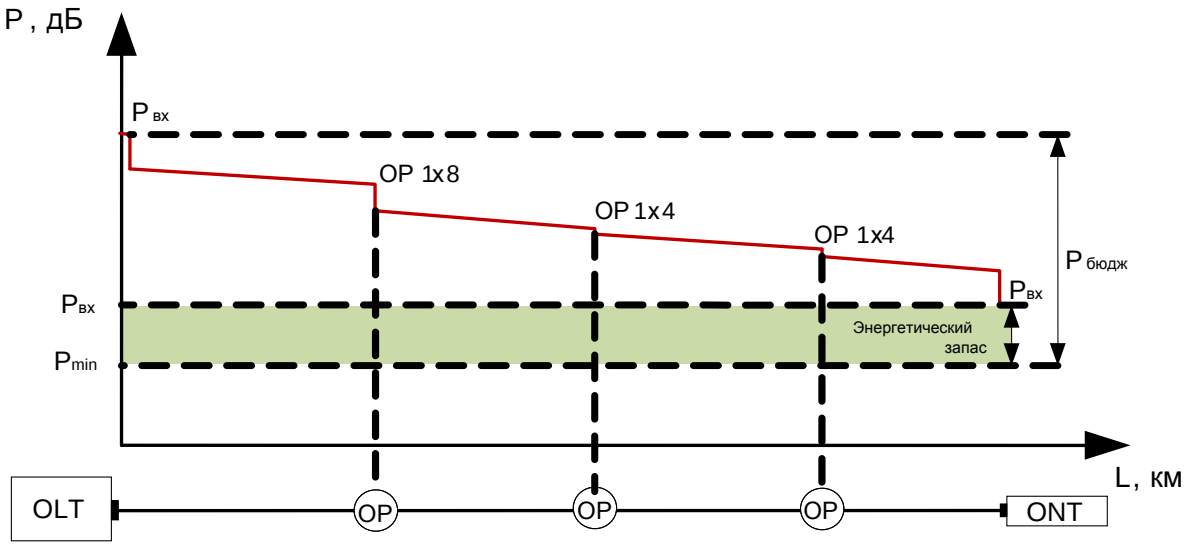


Рис.3.1. График бюджета потерь.

Для ветви сети все потери в линии равны сумме затуханий всех компонентов (3.1.):

$$A_{\Sigma} = \Sigma_1^n (L_1 + L_2 + \cdots + L_i) \times \alpha + N_p \times \alpha_p + N_c \times \alpha_c + \alpha_{spi} + \alpha_{spm} \quad (3.1.)$$

где A_{Σ} – суммарные потери в линии (между OLT и ONU), дБ;

L– длина i-участка, км;

n – количество участков;

α – коэффициент затухания оптического кабеля, дБ/км;

N_p – количество разъемных соединений;

a_p – средние потери в разъемном соединении, дБ;

N_c– количество сварных соединений;

a_c– средние потери в сварном соединении, дБ;

a_{spi} – потери в i-оптическом разветвителе, установленном на магистральном участке сети, дБ;

a_{spm} – потери в m-оптическом разветвителе, установленном на распределительном участке сети дБ.

3.2. Расчет потерь в участках на металлическом кабеле.

Расчет выполняется в два этапа, первый – расчет и распределение затуханий на участке магистральной сети (FTTC), где в составе участка могут находится как магистральные усилители, так и ответвители магистральные с трансляцией дистанционного питания на проход, отвод, или без него, что определяется конкретной структурой района, где проектируется сеть.

Второй этап – расчет и распределение затуханий в домовой распределительной сети. Сигнал с выхода домового усилителя, который установлен в каждом подъезде, должен быть распределен по этажам и абонентам таким образом, чтобы различие в уровнях ТВ сигналов у каждого абонента не превышало 5 дБ мкВ и лежал в пределах 65 – 70 дБ мкВ. Это должно быть обеспечено распределением по сети абонентских распределителей.

Первый этап. В самом общем случае, когда можно принять среднее значение уровня сигнала на входе магистрального усилителя 70 дБмкВ, после передачи сигнала от головной станции до первого усилителя с учетом всех потерь в магистральных ответвителях на прохождение и ответвление при среднем коэффициенте усиления в 39 дБ получим сигнал на выходе 109 дБмкВ, которого должно хватить для доставки к домовому усилителю.

В этом варианте выражение для расчета участка сети на коаксиальном кабеле примет следующий вид (3.2.):

$$A_{\sum} = \sum \alpha_{\kappa i} L_{ki} + \sum_{n}^{1} A_{пер} + \sum_{m}^{1} A_{пр} + A_{спл} + A_{разв} + B_{маг.ус}\ , \qquad (3.2.)$$

где, $\alpha_{\kappa i}$ – коэффициент затухания коаксиального кабеля на i-том участке магистральной сети;

L_{ki} – протяженность i-го участка сети;

$A_{пер}$ – переходное затухание магистрального ответвителя на рассчитываемую ветвь сети;

$A_{пр}$ – проходное затухание магистрального ответвителя для последующих ветвей;

$A_{спл}$ – потери в сплиттере если такой необходимо установить;

$A_{разв}$ – дополнительные потери на разветвление при большом количестве магистральных ответвителей;

$B_{маг.ус.}$ – компенсация затухания на участке магистральной сети в магистральном усилителе (определяется потребностями и типом последнего).

Задача проектировщика по участку магистральной сети правильно распределить магистральные ответвители с точки зрения их положения по затуханию на ответвление и затуханию на проход, так как это определит эффективность работы всей сети.

В результате расчетов и выбора варианта распределения пассивного и активного оборудования, в том числе и типа кабеля, необходимо получить уровни сигналов на входе домовых усилителей в указанных выше пределах, причем различие в уровнях сигналов на входе каждого из домовых усилителей не должно превышать 5 дБ.

4. Разработка структуры построения домовой распределительной сети (ДРС).

Расчет и распределение затуханий в домовой распределительной сети на металлическом кабеле производится из следующих соображений.

Как уже говорилось сигнал на выходе абонентской розетки должен лежать в пределах 65 – 70 дБмкВ. Приняв во внимание, что сигнал на выходе

домового усилителя в среднем равен 120 дБмкВ, получаем, что мы имеем возможность распределить затухание по ветвям сети в районе 50 дБ.

Расчет может быть выполнен по следующему выражению:

$$A_{\sum} = \left(\sum \alpha_{\kappa i} L_{ki} + \sum_{n}^{1} A_{пер} + \sum_{m}^{1} A_{пр} + A_{разв}\right) \cong (50 \pm 2{,}5)\partial Б \ , \quad (4.1.)$$

где $\alpha_{\kappa i}$ – коэффициент затухания коаксиального (симметричного) кабеля на верхней частоте транслируемого диапазона и на i-том участке домовой сети;

L_{ki} – протяженность i-го участка сети;

$A_{пер}$ – переходное затухание абонентского разветвителя на рассчитываемую ветвь сети;

$A_{пр}$ – проходное затухание абонентского разветвителя для последующих ветвей;

$A_{разв}$ – дополнительные потери на разветвление при большом количестве абонентских разветвителей.

Пример построения ДРС приведен на рис.4.1.

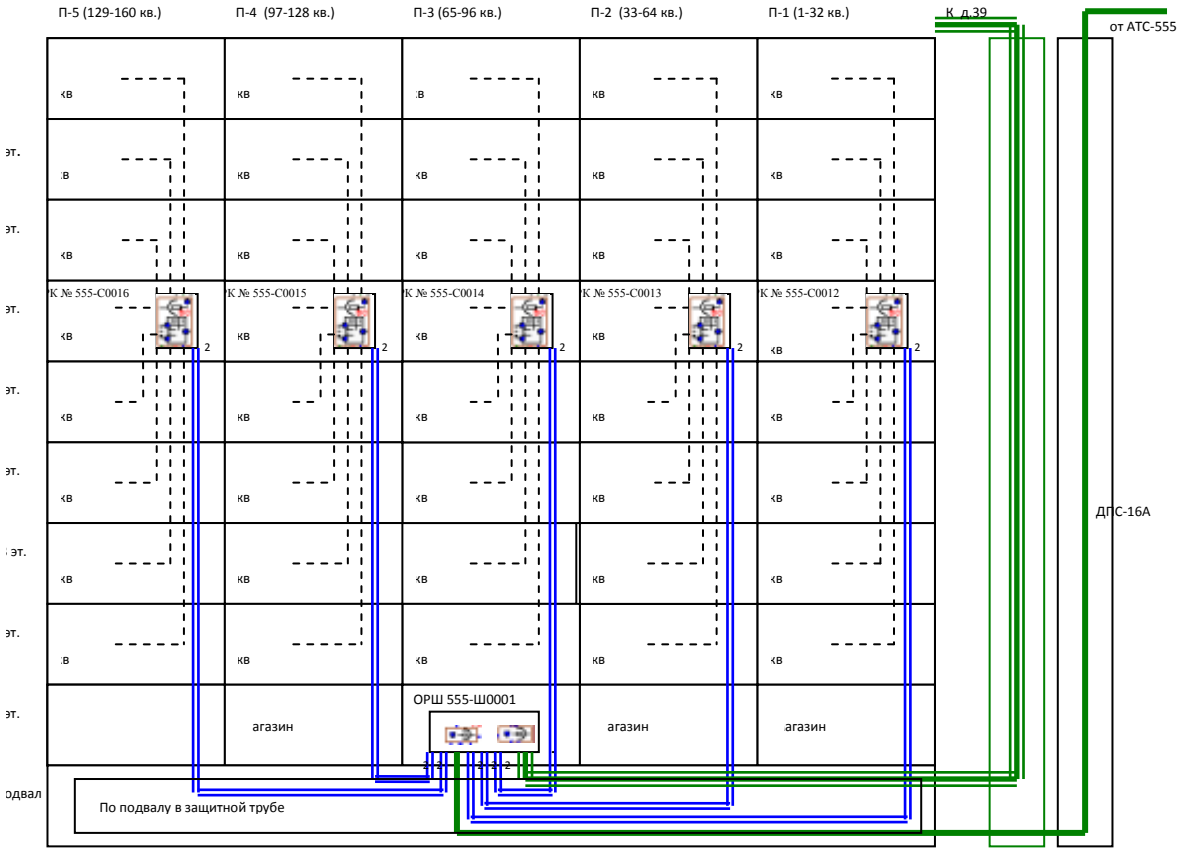


Рис. 4.1. Структура домовой распределительной

При проектировании ДРС на основе волоконно-оптического кабеля эти факторы не учитываются т.к. потери в ОВ на расстояниях в несколько сот метров совершенно незначительны и не могу никаким образом влиять на параметры передачи сигналов в сети.

5. Выбор, обоснование и расчет параметров кабельной системы.

Кабельные линии представляют собой достаточно сложную конструкцию. Кабель состоит из проводников, заключенных в несколько слоев изоляции: электрической, электромагнитной, механической, а также,

возможно, климатической. Кроме того, кабель может быть оснащен разъемами, позволяющими быстро выполнить присоединение к нему различного оборудования. Промышленностью выпускается огромное количество типов кабелей. В основном применяются три основных типа кабеля: кабели на основе скрученных пар медных проводов, коаксиальные кабели с медной жилой, а также волоконно-оптические.

При выборе кабеля необходимо принять во внимание следующие характеристики: скорость передачи данных, расстояние, физическая защищенность, электромагнитная помехозащищенность, стоимость.

Выбор волоконно-оптического кабеля.

Основным элементом **оптического кабеля**, предназначенным для передачи информации, является оптическое волокно. Оптические волокна отличаются между собой геометрическими и оптическими параметрами, что достигается в процессе их производства. Но наиболее важными являются параметры передачи. Именно по ним следует подбирать нужный тип волокон для заданного участка сети. Основные параметры наиболее часто используемых волокон описаны в нормативных документах – Рекомендациях Международного Союза Электросвязи (ITU-T) серии G:

Рекомендации ITU-T G.652 - Стандартное одномодовое оптоволокно имеет длину волны нулевой дисперсии величиной не более 3,5 пс/нм*км около 1310 нм, оптимизировано для использования в области длины волны 1310 нм, может также быть использовано в области 1550 нм.

Применение: На ВОЛС первичной сети до уровня внутризоновой сети, структурах широкополосного абонентского доступа, в том числе и по технологиям PON, для технологий CWDM до 8 несущих.

Характеристика	**G.652.A**	**G.652.B**	**G.652.C**	**G.652.D**
Длина волны, нм	1310	1310	1310	1310
Диаметр модового пятна, мкм	8,6–9,5±0,6	8,6–9,5±0,6	8,6–9,5±0,6	8,6–9,5±0,6
Диаметр оболочки, мкм	125,0±1	125,0±1	125,0±1	125,0±1
Диаметр защитного покрытия, мкм	250,0±15	250,0±15	250,0±15	250,0±15
Эксцентриситет сердцевины, мкм	0,6 максимум	0,6 максимум	0,6 максимум	0,6 максимум
Сплющенность оболочки	1,0% максимум	1,0% максимум	1,0% максимум	1,0% максимум
Длина волны отсечки кабеля, нм	1260 максимум	1260 максимум	1260 максимум	1260 максимум
Потери на макроизгибе, дБ	0,1 максимум на 1550 нм	0,1 максимум на 1550 нм	0,1 максимум на 1550 нм	0,1 максимум на 1550 нм
Проверочное напряжение, ГПа	0,69 минимум	0,69 минимум	0,69 минимум	0,69 минимум
Длина волны нулевой дисперсии, нм	от 1300 до 1324	от 1300 до 1324	от 1300 до 1324	от 1300 до 1324
Коэффициент хроматической дисперсии, пс/нм*км, не более, в интервале длин волн: 1285-1330 1525-1575	3,5 18	3,5 18	3,5 18	3,5 18
Знак дисперсии	+	+	+	+
Коэффициент затухания, дБ/км; на длине волны, нм	0,5 | 1310	0,4 | 1310	0,4 | all*	0,4 | all*
	- | -	0,35 | 1550	0,35 | 1383	0,35 | 1383
	0,4 | 1550	0,4 | 1625	0,3 | 1550	0,3 | 1550
Коэффициент PMD, пс/√км	0,5	0,2	0,5	0,2

Рекомендации ITU-T G.653 - Одномодовое оптоволокно с нулевой смещенной дисперсией (ZDSF-zerodispersion-shiftedfibre) для высокоскоростных линий связи с небольшой длиной регенерационного участка без применения технологий оптического уплотнения.

Применение: На ВОЛС первичной сети до уровня внутризоновой сети при скорости трафика до 40 Гб/с, но на небольшие расстояния, структурах широкополосного абонентского доступа, в том числе и по технологиям PON.

Характеристика	**G.653.A**	**G.653.B**
Длина волны, нм	1550	1550
Диаметр модового пятна, мкм	7,8–8,5±0,8	7,8–8,5±0,6
Диаметр оболочки, мкм	125,0±1	125,0±1
Диаметр защитного покрытия, мкм	250,0±15	250,0±15
Эксцентриситет сердцевины, мкм	0,8 максимум	0,6 максимум
Сплющенность оболочки	2,0% максимум	1,0% максимум
Длина волны отсечки кабеля, нм	1270 максимум	1270 максимум
Потери на макроизгибе, дБ	0,5 макс. на 1550 нм	0,1 макс. на 1550 нм
Проверочное напряжение, ГПа	0,69 минимум	0,69 минимум
Длина волны нулевой дисперсии, нм	от 1500 до 1600	от 1300 до 1324
Коэффициент хроматической дисперсии, пс/нм*км, не более, в интервале длин волн: 1525-1575	3,5	3,5
Коэффициент затухания, дБ/км на длине волны, нм	0,35 / 1550	0,35 / 1550
Коэффициент PMD, пс/√км	0,5 пс/ √км	0,20 пс/√км

Рекомендации ITU-T G.654 - Одномодовое оптоволокно со смещенной длиной волны отсечки, которое имеет нулевую дисперсию при длине волны около 1300 нм, оптимизировано по затуханию для использования в диапазоне длин волн 1530–1625 нм

Применение: в морских и береговых волоконно-оптических системах дальней связи при боьших протяженностях участков регенерации

Характеристика	**G.654.A**	**G.654.B**	**G.654.C**
Длина волны, нм	1550	1550	1550
Диаметр модового пятна, мкм	9,5–10,5±0,7	9,5–13±0,7	9,5–10,5±0,7
Диаметр оболочки, мкм	125,0±1	125,0±1	125,0±1
Диаметр защитного покрытия, мкм	250,0±15	250,0±15	250,0±15
Эксцентриситет сердцевины, мкм	0,8 максимум	0,8 максимум	0,8 максимум
Сплющенность оболочки	2,0% максимум	2,0% максимум	2,0% максимум
Длина волны отсечки кабеля, нм	1530 максимум	1530 максимум	1530 максимум
Потери на макроизгибе, дБ	0,5 максимум на 1625 нм	0,5 максимум на 1625 нм	0,5 максимум на 1625 нм
Проверочное напряжение, ГПа	0,69 минимум	0,69 минимум	0,69 минимум
Длина волны нулевой дисперсии, нм	-	-	-
Коэффициент хроматической дисперсии, пс/нм*км, не более, в интервале длин волн: 1525-1575	20	22	20
Знак дисперсии	+	+	+
Коэффициент затухания, дБ/км; на длине волны, нм	0,22 | 1550	0,22 | 1550	0,22 | 1550
Коэффициент PMD, пс/√км	0,5	0,2	0,2

Рекомендации ITU-T G.655 - Одномодовое оптоволокно с ненулевой смещенной дисперсией NZDSF (Non-Zero Dispersion Shifted Fibre) **Применение:** системы DWDM (Dense Wavelength Division Multiplexing - системы спектрального уплотнения с высокой плотностью частотных интервалов. Одномодовое волокно с коэффициентом хроматической дисперсии (абсолютное значение), величина которого превышает некоторое ненулевое значение на всех длинах волн, больших 1530 нм. Эта дисперсия подавляет рост нелинейных эффектов, которые особенно вредны в системах плотного волнового мультиплексирования (DWDM). На более коротких длинах волн одно из значений коэффициента дисперсии может быть равно нулю, однако значения коэффициента хроматической дисперсии на этих длинах волн могут быть предусмотрены для поддержки систем грубого волнового мультиплексирования (CWDM), которые не имеют существенных искажений, вызываемых нелинейными эффектами.

Характеристика	**G.655.A**	**G.655.B**	**G.655.C**	**G.655.D**	**G.655.E**
Длина волны, нм	1550	1550	1550	1550	1550
Диаметр модового пятна, мкм	8,0–11,0±0,7	8,0-11,0±0,7	8,0–11,0±0,7	8,0–11,0±0,6	8,0–11,0±0,6
Диаметр оболочки, мкм	125,0±1	125,0±1	125,0±1	125,0±1	125,0±1
Диаметр защ. покрытия, мкм	250,0±15	250,0±15	250,0±15	250,0±15	250,0±15
Эксцентриситет сердц., мкм	0,8 максимум	0,8 максимум	0,8 максимум	0,6 максимум	0,6 максимум
Сплющенность оболочки	2,0% максимум	2,0% максимум	2,0% максимум	1,0% максимум	1,0% максимум
Длина волны отсечки, нм	1450 максимум	1450 максимум	1450 максимум	1450 максимум	1450 максимум
Потери на макроизгибе, дБ	0,5 максимум на 1550 нм	0,5 максимум на 1625 нм	0,5 максимум на 1625 нм	0,1 максимум на 1625 нм	0,1 максимум на 1625 нм
Проверочное напряжение, ГПа	0,69 минимум	0,69 минимум	0,69 минимум	0,69 минимум	0,69 минимум
Коэф. хром. дисп. пс/нм*км, не более, 1460-1625 1530-1565 1565-1625	0,1-6 -	1-10 -	1-10 -	2,6-6,0 - 4,0-8,9	2,6-6,0 - 4,0-8,9
Знак дисперсии	+ и –	+ и –	+ и –	+ и –	+ и –
Коэффициент затухания, дБ/км; на длине волны, нм	- | -	0,35 | 1550	0,35 | 1550	0,35 | 1550	0,35 | 1550
	0,35 | 1550	0,4 | 1625	0,4 | 1625	0,4 | 1625	0,4 | 1625
Коэффициент PMD, пс/√км	0,5	0,5	0,2	0,2	0,2

Рекомендации ITU-T - G.656 Одномодовое оптоволокно с ненулевой дисперсией для широкополосной передачи данных.

Применение: для передачи широкополосного оптического сигнала на базе CWDM (Coarse Wavelength Division Multiplexing - разреженное спектральное уплотнение или спектральное уплотнение с низкой плотностью) и DWDM, снижен пик поглощения на ионах OH

Характеристика	**G.656.A**
Длина волны, нм	1550
Диаметр модового пятна, мкм	7,0–11,0±0,7
Диаметр оболочки, мкм	125,0±1
Диаметр защитного покрытия, мкм	250,0±15
Эксцентриситет сердцевины, мкм	0,8 максимум
Сплющенность оболочки	2,0% максимум
Длина волны отсечки, нм	1450 максимум
Потери на макроизгибе, дБ	0,5 максимум на 1625 нм
Проверочное напряжение, ГПа	0,69 минимум
Коэффициент хроматической дисперсии, пс/нм*км, не более, 1460-1625 1530-1565	2,0-8,0 4,0-7,0
Знак дисперсии	положительный

Коэффициент затухания, дБ/км; на длине волны, нм	0,4 / 1460
	0,35 / 1550
	0,4 / 1625
Коэффициент PMD, пс/ √км	0,2

Рекомендации ITU-T G.657 - Стандартное одномодовое оптоволокно.
Применение: в кабелях, предназначенных для прокладки внутри зданий и сооружений. Волокна категории В пригодны для передач на волнах длиной 1310, 1550 и 1625 нм на ограниченные расстояния, связанных с транспортом сигналов внутри помещений. Эти волокна характеризуются иными, по сравнению с волокнами G.652, свойствами сращивания и соединения, но допускают очень малыен радиусы изгибов.

Характеристика	**G.657.A1**		**G.657.A2**			**G.657.B2**			**G.657.B3**		
Длина волны, нм	1310		1310			1310			1310		
Диаметр модового пятна, мкм	8,6–9,5±0,4		8,6–9,5±0,4			6,3–9,5±0,4			6,3–9,5±0,4		
Диаметр оболочки, мкм	125,0±0,7		125,0±0,7			125,0±0,7			125,0±0,7		
Эксцентриситет сердцевины, мкм	0,5 максимум		0,5 максимум			0,5 максимум			0,5 максимум		
Сплющенность оболочки	1,0% максимум		1,0% максимум			1,0% максимум			1,0% максимум		
Длина волны среза кабеля, нм	1260 максимум		1260 максимум			1260 максимум			1260 максимум		
Потери на макроизгибе, дБ: радиус, мм количество витков макс. при 1550 нм макс. при 1625 нм	 15 10 0,25 1,0	 10 1 0,75 1,5	 15 10 0,03 0,1	 10 1 0,1 0,2	 7,5 1 0,5 1,0	 15 10 0,03 0,1	 10 1 0,1 0,2	 7,5 1 0,5 1,0	 10 1 0,03 0,1	 7,5 1 0,08 0,25	 5 1 0,15 0,45
Проверочное напряжение, ГПа	0,69 минимум		0,69 минимум			0,69 минимум			0,69 минимум		
К - т хроматической дисперсии, пс/нм*км, не более, 1285-1330 1525-1575	 3,5 18		 3,5 18			-			-		
Коэффициент затухания max, дБ/км; на длине волны, нм	0,4 | 1310-1625		0,4 | 1310-1625			0,5 | 1310			0,5 | 1310		
	0,4 | 1383		0,4 | 1383			0,3 | 1550			0,3 | 1550		
	0,3 | 1550		0,3 | 1550			0,4 | 1625			0,4 | 1625		
Коэффициент PMD, пс/√км	0,20		0,20			-			-		

Кабель витая пара.

Для того чтобы выбрать подходящий тип кабеля, перечислим некоторые основные факторы, влияющие на выбор:

- простота монтажа;
- экранирование кабеля не требуется, если кабель прокладывается в пределах одного здания как в данном случае;
- затухание сигнала – главная причина, которая ограничивает максимальную длину кабеля;
- скорость передачи данных.

Витая пара в качестве среды передачи используется во всех современных сетевых технологиях, а также в аналоговой и цифровой телефонии. Унификация пассивных элементов сети на витой паре стала основой для концепции построения структурированных кабельных систем, независимых от сетевых технологий. Любые сети на витой паре основаны на звездообразной топологии, которая при соответствующем активном оборудовании может служить основой для любой логической топологии.

Кабели на скрученной, или витой паре (Twisted Paircable, TP), в отличие от коаксиального кабеля, симметричны и используются для дифференциальной (балансной) передачи сигнала.

Скрученная пара проводов по свойствам существенно отличается от пары тех же прямых проводов, идущих рядом параллельно друг другу. При скручивании оказывается, что проводники всегда идут под некоторым углом друг к другу, что снижает емкостную и индуктивную связь между ними. Кроме того, значительный отрезок такого кабеля для внешних полей оказывается симметричным (круглым), что снижает его чувствительность к наводкам (по дифференциальной помехе) и внешние излучения при прохождении сигнала. Чем мельче шаг скрутки, тем меньше перекрестные помехи, но и больше погонное затухание кабеля, а также время распространения сигнала. Кабель может иметь различное исполнение, отдельные пары могут иметь экран из медной проволоки и/или фольги. В общий экран могут быть заключены и все пары кабеля.

Витая пара может быть как неэкранированная витая пара (Unshielded Twisted Pair, UTP), так и экранированная витая пара (Shielded Twisted Pair, STP).

STP- кабель из витых пар с индивидуальной экранировкой каждой из них. Основными преимуществами экранированной витой пары являются защита от внешних электромагнитных наводок, повышенная механическая прочность и эффективная защита от несанкционированного доступа к передаваемой информации. В тоже время, наличие заземляемого экрана удорожает кабель, дополнительный защитный слой усложняет его прокладку.

Для соединения кабеля STP с сетевой платой можно использовать разъем D. Для подключения кабеля к устройству многостанционного доступа (MAU) или концентратору, используют разъем IBMDataConnector.

Кабель STP обычно используют в сетях TokenRing, UTP- в сетях Ethernet (10BaseT и100BaseT) и изредка в сетях TokenRing.

UTP- кабель из неэкранированных витых пар и без общего экрана вокруг сердечника. К недостаткам UTP относятся низкий уровень защищенности от помех и большой уровень собственных излучений, а также возможность простого несанкционированного подключения к сети. Достоинствами этого кабеля являются дешевизна, небольшая трудоемкость в монтаже, отсутствие повышенных требований к внутреннему заземляющему контуру здания.

Категория(Category) витой пары определяет частотный диапазон, в котором ее применение эффективно. В настоящее время действуют стандартные определения 6 категорий кабеля (Category1…Category5e). Категории определяются стандартом EIA/TIA 586A. в последней графе приводится классификация линий связи, обеспечиваемых этими кабелями, по стандарту ISO 11801 и EN 50173.

Коаксиальные кабели.

Наибольшую популярность в России получили кабели со стандартной экранировкой выпускаемые с плотностью экранной оплетки от 60% до 95%. Это позволяет реализовать коэффициент радиоэкранной защиты не менее 75 dB в диапазонах МВ и не менее 65 dB в диапазоне ДМВ. Кабели с суперэкранировкой обладают коэффициентом радиоэкранной защиты не менее 110 dB.

Во всех типах кабелей использована полихлорвиниловая оболочка и диэлектрик из вспененного полиэтилена. Это позволяет реализовать малые погонные потери, долговременную сохранность всех эксплуатационных параметров. Во влагоустойчивом кабеле использована гелиевая изоляционная прослойка, препятствующая проникновению влаги внутрь кабеля и повышающая его коррозионную стойкость. Кабель со стальным тросом рассчитан на суровые условия эксплуатации с учетом максимального провисания в 1 м при длине пролета до 150 м в условиях его обледенения.

6. Способ строительства, варианты прокладки кабельной системы.

В настоящем разделе будут перечислены основные способы строительства ВОЛС и конструкции ВОК, которые могут быть использованы, при том или ином варианте.

Предложить конструкцию ВОК для выбранного способа строительства, можно используя каталоги производителей кабельной продукции, например, ОПТЭН, СевКабельОптик, ОКС-1, расположенных в С-Пб, или других производителей (интернет).

Определить число оптических волокон в кабеле - N, которое может быть рассчитано по формуле:

$$N=N_{раб} + N_{рез} + N_{отв} \quad , \qquad 6.1.$$

где $N_{раб}$ – число рабочих волокон определяется исходя из количества используемых комплектов оборудования;

$N_{рез}$ – число резервных волокон – равно числу рабочих;

$N_{отв}$ – число волокон на ответвления, если это предусматривается проектом.

Прокладка кабеля непосредственно в грунт.

Характеризуется определенными требованиями к конструкции ВОК. Прежде всего это наличие бронепокровов (рис.6.1.) того или иного вида, необходимых для защиты сердечника ВОК от различного рода механических повреждений при давлении грунта. Прокладка осуществляется кабелеукладчиком или в ручную, необходимо контролировать усилие тяжения. Стоимость такого типа

Кабель типа ОКЛ.

Кабель типа ОКБ.

Рис.6.1. ВОК для прокладки непосредственно в грунт.

ВОК лежит в среднем в районе от 2800 до 3600 $/км.

Прокладка ВОК в защитную трубу.

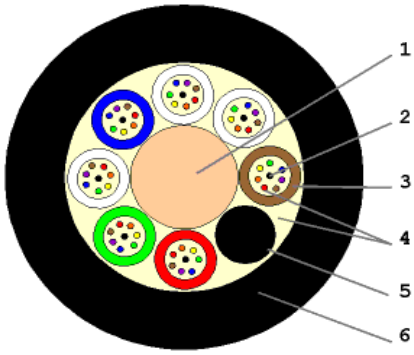
Предварительно прокладывается в грунт кабелеукладчиком (рис.6.2) защитная труба (рис.6.3), а затем в неё пневмоспособом задувается ВОК. При укладке кабелей в трубопроводах повышается степень защиты последних от вибрационных воздействий и механических напряжений, возникающих в результате деформации грунта. ВОЛС становится полностью диэлектрической т.к. требования к механическим характеристикам ВОК ниже и необходимость применения бронепокровов отпадает (рис.6.4).

Рис.6.2. Прокладка труб (кабеля).

Рис.6.3.Защитные трубопроводы.

Прокладка трубопровода осуществляется кабелеукладчиком, в траншею.

Надежность подобного типа ВОЛС выше. Современное оборудование для задувки кабеля (рис.6.5.) обеспечивает скорость задува 60 – 80 м/мин, что позволяет существенно увеличить скорость строительства ВОЛС и обеспечить её высокую ремонтопригодность.



1. Центральный силовой элемент.
2. Оптическое волокно (от 2-х до 12-ти в каждом модуле).
3. Опт. модуль (от 1-го до 12-ти).
4. Гидрофобный заполнитель.
5.Кордель.
6. Полиэтиленовая оболочка.
Рис.9.4. ВОК для пневмопрокладки.

Рис.6.5. Инжектор ПСИ-1 для задувки кабеля

Прокладка ВОК в кабельную канализацию.

Этот способ (рис.6.6) применяется, как правило, в населенных пунктах. Его реализация осуществляется либо прокладкой бронированного кабеля непосредственно в асбоцементный канал кабельной канализации (КК), либо

Рис.6.6. Прокладка ВОК в ка

сначала затаскивают в канал полиэтиленовую трубу, а затем в неё ВОК более простой конструкции и, соответственно, более дешевый.

Подземная КК с длиной пролётов между смотровыми устройствами до 150 м сооружается из одиночных или сблокированных в пакеты труб.

Для введения кабеля в кабельную канализацию наиболее широко используется метод затягивания кабеля с помощью лебёдки, снабжённой устройством ограничения тягового усилия.

При этом не должны превышаться указанные в нормативно-технической документации механические воздействия на кабель, в первую очередь усилия растяжения и сжатия, климатические условия (нижняя предельная температура прокладки, как правило, составляет -10°С), допустимые радиусы изгиба кабеля (радиус изгиба не должен быть менее 20 наружных диаметров).

Организация переходов через различные преграды.

Основным методом для организации кабельных переходов через различного рода коммуникации, дороги, реки, озера или просто неудобные места, является горизонтально (вертикально) направленное бурение. Оно организуется посредством специальных машин и механизмов, отвечающих конкретным условиям прокладки кабеля (рис.6.7).

Рис 6.7. Организация переходов методом горизонтально-направленного бурения.

Метод горизонтально-направленного бурения является альтернативной традиционному траншейному методу и позволяет преодолевать преграды, встречающиеся на пути линейной части трубопроводов (реки, дамбы, дороги, железнодорожные насыпи и т.д.), без нарушения режима их функционирования. Технология горизонтально-направленного бурения не является дешевой. Хотя денежные, и особенно, временные затраты значительно экономятся на стадии строительства, основная экономия от применения метода лежит в долгосрочной перспективе.

Воздушные способы строительства ВОЛС.

Широкое распространение получили различные варианты воздушного способа строительства ВОЛС.

Эти способы обладают целым рядом неоспоримых преимуществ перед подземными и заключаются в следующем – нет необходимости в землеотводе, нет необходимости копать землю. В результате стоимость строительства в 2 и более раз ниже, а скорость строительства в несколько раз выше, что обусловлено, прежде всего, возможностью «привязать» конструкцию ВОК к тому или иному варианту.

В качестве опор, которые могут быть использованы для строительства воздушных ВОЛС, рассматриваются следующие:

- опоры магистральных линий электропередачи (ЛЭП) с напряжением от 35 кВ и выше;
- опоры распределительных ЛЭП, например, до 10 кВ, которые, между прочим, подходят, практически, к каждому населенному пункту;
- опоры контактных сетей электрофицированных железных дорог (ЭЖД);
- опоры воздушных линий связи (если они в нормальном состоянии).

Реализация подобного типа ВОЛС может быть выполнена разнообразными способами, которые имеют свои достоинства и недостатки.

Подвеска ВОК.

Самый простой способ, который с успехом применялся и при строительстве металлических линий связи простейших вариантов. Наиболее широко распространенный вариант для ВОЛС это использование кабеля типа 8-ки (рис.6.8). Технология подвески ВОК типа “восьмерки” приведена на рис. 6.9.

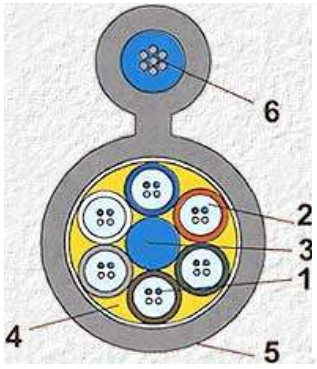


Рис.6.8. Конструкция ВОК типа «восьмерки»:
1. Оптическое волокно.
2, 4 Гидрофобные аполнители.
3. Центральный силовой элемент – стеклопластиковый пруток.
5. Внешняя оболочки.
6. Внешний силовой элемент.

Рис.6.9.. Подвеска ВОК типа 8-ки .

К недостаткам этого способа следует отнести – высокая парусность ВОЛС, что приводит к сильной вибрации, в результате происходит отрыв троса от сердечника ВОК. Обледенение кабеля в зимний период и обрыв линии. Воздействие солнечной радиации и прочих атмосферных факторов, приводящих к коррозии внешней влагозащитной оболочки ВОК.

Все это приводит к тому, что срок службы подобного типа линий не превышает 17 – 18 лет. Однако здесь используется самый дешевый кабель (в районе 1800 – 2400 $/км) и скорость строительства высока до 5 – 6 км в смену.

ВОК в грозозащитном тросе.

Один из самых дорогих вариантов строительства ВОЛС- подвеска ВОК в грозозащитном тросе по ЛЭП. Сам кабель очень дорогой т.к. содержит много упрочняющих элементов, конструкция кабеля приведена на (рис.6.10.). Его стоимость лежит в пределах 5000 – 7000 $/км. Кабель предназначен для подвески на опорах воздушных линий электропередач от 35 кВ и выше вместо грозозащитного троса. Заземляющий провод, имеющий один или два слоя проволок из ASC, содержащий оптический сердечник, монтируется наверху ЛЭП и несет двойную функцию грозотроса и кабеля связи. Процесс строительства таких ВОЛС, сложная техническая задача, связанная с применением мощных натяжных механизмов, а скорость строительства и технология замены существующего троса на волоконно-оптический в очень сильной степени зависит от профиля ЛЭП, т.е. местности, по которой она проходит.

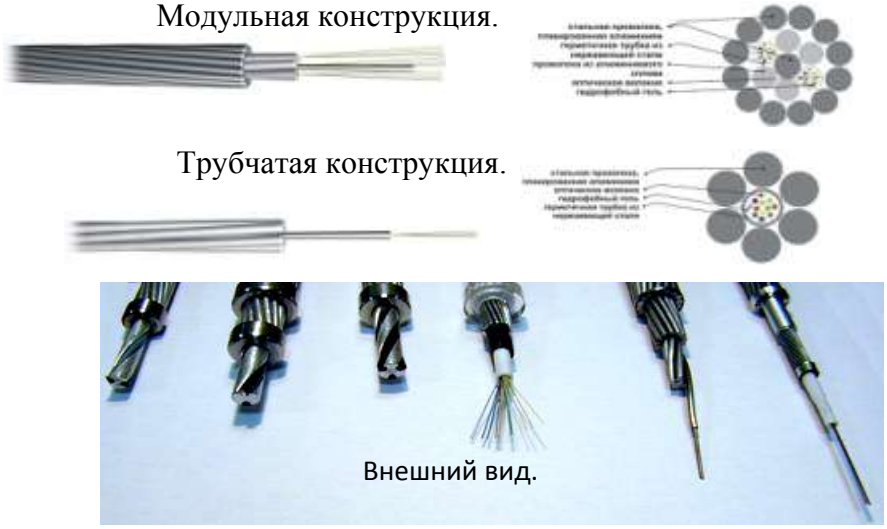


Рис. 6.10. Конструкция кабеля ОКГТ.

Высокая надежность ВОЛС реализованных на базе грозозащитного троса объясняется тем, что несущие конструкции ЛЭП рассчитаны на длительный срок службы (до 50 лет) и выдерживают внешние разрушающие нагрузки, вплоть, до ураганных. Кроме того, вряд ли возможны механические повреждения ВОЛС, которая расположена на высоте 10-ти этажного дома в очень прочной металлической оболочке. Этим объясняется их строительство в труднодоступных регионах, которых в нашей стране предостаточно.

ВОЛС на основе самонесущего ВОК.

Способ строительства нашел наиболее широкое распространение - контактные сети ЭЖД (Lпрол.≈70 м), распределительные сети ЛЭП (Lпрол. – 50 ÷ 70 м.), опоры ВЛС (Lпрол. – 50 ÷ 70 м.), на переходах между дамами в городах. При увеличении длины пролета требуется увеличение механических характеристик ВОК, что неизбежно ведёт к увеличению количества армирующих элементов в конструкции сердечника и, соответственно, веса ВОК, что, в свою очередь, увеличивает вес кабеля в пролёте и вызывает дальнейшую необходимость роста механических параметров ВОК (рис.6.11).

Рис.6.11. Строительство ВОЛС на оанове самонесущих ВОК.

Навивная технология строительства ВОЛС.

Одна из наиболее интересных как с точки зрения технической реализации, так и возможностей прокладки кабеля.

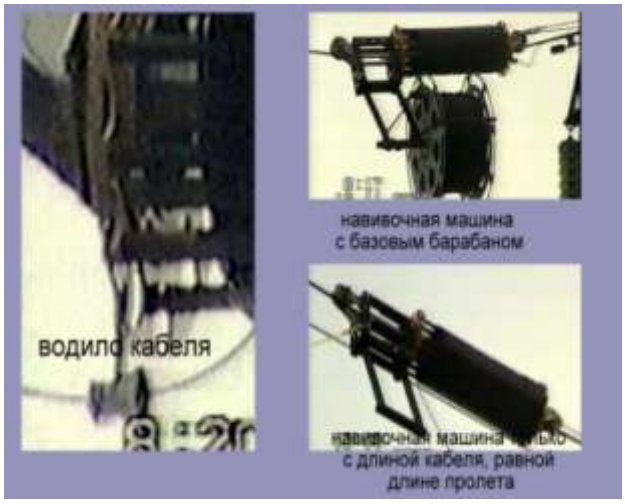
Рис.6.12. Навивной волоконно-оптический кабель - ДПО, ДВО.

Достоинства навивной технологии неоспоримы. Прежде всего, это возможность строить ВОЛС практически в любых условиях, как пересеченной местности – горы, тундра, тайга там, где построены ЛЭП, так и различных индустриальных преград – железные и автомобильные дороги, фидерные линии различного назначения, дома, огороды, овраги и пр. без дополнительных приспособлений и помостов.

Вторым важным фактором является то, что подобного типа линия не требует большого числа дополнительных элементов крепления, а использует мощные несущие конструкции существующих линий электропередач (грозозащитный трос, фазовые провода), которые и обеспечивают должную механическую защиту ВОЛС.

Кабель для накрутки на провода – один из самых дешевых т.к. не требует дополнительных элементов жесткости. Конструкция навивных кабелей приведена на рис. 6.12. Особое требование – высокая трекинг-эррозионная стойкость внешней влагозащитной оболочки, поскольку кабель, как правило, висит в мощном электрическом поле.

Реализация навивной технологии осуществляется с применением специальной навивочной машины, которая и осуществляет накрутку легкого, полностью диэлектрического ВОК на несущий трос.



7. Компоненты кабельной системы HFC, FTTx, PON.

7.1. Коаксиальные кабели.

Общеизвестно, что тип используемого кабеля в значительной степени определяет качество трансляции TV сигналов в протяженных магистралях. Хороший кабель должен обладать следующими характеристиками:

- малыми погонными потерями и широким диапазоном рабочих температур;
- высоким коэффициентом радиоэкранной защиты, характеризующим уровень внешних электромагнитных наводок, что особенно важно при внедрении услуг интерактивного сервиса;
- однородностью волнового сопротивления;
- малым сопротивлением центральной жилы и экранной оплетки постоянному току (при дистанционном питании);

Условно все типы кабелей можно разделить на три категории: магистральные, субмагистральные и домовые (абонентские).

Успешно зарекомендовавшая себя компания **CommScope**выпускает очень широкий класс кабелей для CATV, MATV и SMATV сетей.

Наибольшую популярность в России от CommScope получили кабели со стандартной экранировкой выпускаемые с плотностью экранной оплетки от 60% до 95% (табл. 7.1, 7.2). Это позволяет реализовать коэффициент радиоэкранной защиты не менее 75 dB в диапазонах МВ и не менее 65 dB в диапазоне ДМВ. Кабели с суперэкранировкой обладают коэффициентом радиоэкранной защиты не менее 110 dB.

Необходимо помнить, что коэффициент радиоэкранной защиты является важнейшим параметром при внедрении услуг интерактивного сервиса. Особенно этот параметр распространяется на абонентские кабели, используемые в стояках и во внутриквартирной разводке, где наблюдаются значительные шумы ингрессии. Некоторые фирмы-производители не заявляют этот важнейший параметр или заявляют его со свойственной методикой, отличной от EN 60023. Также необходимо знать, что коэффициент радиоэкранной защиты зависит от диапазона частот и снижается при изгибе на 10-20 dB.

Во всех типах кабелей использована полихлорвиниловая оболочка и диэлектрик из вспененного полиэтилена. Это позволяет реализовать малые погонные потери, долговременную сохранность всех эксплуатационных параметров. Во влагоустойчивом кабеле использована гелиевая изоляционная прослойка, препятствующая проникновению влаги внутрь кабеля и повышающая его коррозионную стойкость. Кабель со стальным тросом рассчитан на суровые условия эксплуатации с учетом максимального провисания в 1 м при длине пролета до 150 м в условиях его обледенения.

Табл. 7.1. CATV кабели CommScope.

Назначение	Абонентский	Суб.магистральный	Магистральные		
Тип кабеля	F660BV F6…BVV F2-660BVM (серия 6)	F1160BV F1160BVV F1160BEF (серия 11)	QR 540	QR 715	QR 860
Диаметр ЦП, мм	1,02	1,63	3,15	4,22	5,16
Диаметр д-ка, мм	4,57	7,00	13,03	17,42	21,03
Диаметр ВП, мм	4,75	7,29	13,72	18,16	21,84
Внешний диаметр, мм	6,91	10,03	15,49	19,94	24,38
Диам. троса, мм	1,3/1,83	1,83/2,72	2,77	44,78	4,78
α дБ/100м, МГц					
f = 5	1,9	1,25	0,46	0,36	0,30
f = 50	5,25	3,15	1,44	1,15	0,98
f = 250	14,43	9,02	4,59	3,67	3,12
f = 600	16,73	10,43	5,38	4,30	3,61
f = 865	20,01	13,05	6,56	5,31	4,36
f = 1000	21,49	14,27	7,12	5,74	4,72
Коэффициент радиоэкран. защиты, дБ	80-90	135	130	120	
Мин. радиус изгиба, мм	50-70	50-70	102	127	178

Табл. 7.2. SMATV кабели CommScope.

F113	SAT703	SAT700	Koka 799	RG-6	RG-11
F113 78BV F113 50TSE F113 50TSV	SAT7032H SAT703B SAT703N SAT703-2G	SAT700	Koka 799	RG-6, RG-6 digital	RG-11E RG-11D RG-11M RG-11MD
Конструкция	Cu	Cu	Cu	Cu	Омедненая сталь
ЦП, диаметр, мм	1,13		1,1	1,0/1,02	1,63
Д-к диаметр, мм	PEG 4,80			PEG 4,8/4,57	PEG 7,1
Экран – фольга диаметр, мм	Al 4,98	Al / AL_2 / Al_2 100	Al/Pet/Al 100%	Al	
Оплетка Плотность, % диаметр, мм	CuSn 78/50/50	CuSn 45 5,40	CuSn 38 5,29	CuSn - 5,6	Al 60
Дополнительный экран	Al	Pet 63	Pet 5,32	Al	
Внешняя об-ка д., мм	PVC/PE/PVC6,60/6,9/ 6,91	LSZH/PVC/PVC 6,60/6,60/7,60	PVC 6,60	PVC 6,8	PVC6,8/ 6,91
Волн.сопротивление, Ом	75 ± 3			75 ± 2	
α, дБ/100 м: f = 5 МГц f = 50 МГц f = 200 МГц f = 400 МГц f = 800 МГц f = 1000 МГц f = 1750 МГц f = 2400 МГц f = 3000 МГц	 1,4 4,0 8,2 11,8 17,0 19,0 25,5 30,1 33,8	 1,4 4,4 8,8 - - 19,3 25,4 29,7 33,1	 4,3 8,0 12,7 - - 22,6 26,1 - -	 1,6 4,4 8,2 12,1 18,0 20,5 - 33,4 -	 - - 9,5/- -/13,3 23,2/- - - -	 - - 6,3/-/6,3/- -/8,9/-/8,9 13,5/- -/14,8/-- - -/21,6/- -
Коэффициент РЭЗ: 30-1000 МГц, дБ 1000-2400 МГц, дБ	 >90/>100/≥100/>90/ ≥90	 > 75	 > 75 > 65	 > 85 > 85	>85
Конструкции						

7.2. Кабель «витая пара».

Для того чтобы выбрать подходящий тип кабеля, перечислим некоторые основные факторы, влияющие на выбор:

- простота монтажа;

- экранирование кабеля не требуется, если кабель прокладывается в пределах одного здания, к тому же экранированный кабель является очень критичным к качеству выполнения монтажа и заземления, имеет большую стоимость;

- затухание сигнала – главная причина, которая ограничивает максимальную длину кабеля;

- скорость передачи данных ограничена протяженностью сегмента сети и категорией кабеля.

Витая пара в качестве среды передачи используется во всех современных сетевых технологиях, а также в аналоговой и цифровой телефонии. Унификация пассивных элементов сети на витой паре стала основой для концепции построения структурированных кабельных систем, независимых от сетевых технологий. Любые сети на витой паре основаны на звездообразной топологии, которая при соответствующем активном оборудовании может служить основой для любой логической топологии.

Кабели на скрученной, или витой паре (TwistedPaircable, TP), в отличие от коаксиального кабеля, симметричны и используются для дифференциальной (балансной) передачи сигнала.

При скручивании оказывается, что проводники всегда идут под некоторым углом друг к другу, что снижает емкостную и индуктивную связь между ними. Кроме того, значительный отрезок такого кабеля для внешних полей оказывается симметричным (круглым), что снижает его чувствительность к наводкам (по дифференциальной помехе) и внешние излучения при прохождении сигнала. Чем мельче шаг скрутки, тем меньше перекрестные помехи, но и больше погонное затухание кабеля, а также время распространения сигнала. Кабель может иметь различное исполнение, отдельные пары могут иметь экран из медной проволоки и/или фольги. В общий экран могут быть заключены и все пары кабеля.

Витая пара может быть как неэкранированная витая пара (UnshieldedTwistedPair, UTP), так и экранированная витая пара (ShieldedTwistedPair, STP).

STP- кабель из витых пар с индивидуальной экранировкой каждой из них. Основными преимуществами экранированной витой пары являются защита от внешних электромагнитных наводок, повышенная механическая прочность и эффективная защита от несанкционированного доступа к передаваемой информации. В тоже время, наличие заземляемого экрана удорожает кабель, дополнительный защитный слой усложняет его прокладку.

Для соединения кабеля STP с сетевой платой можно использовать разъем D. Для подключения кабеля к устройству многостанционного доступа (MAU) или концентратору, используют разъем IBMDataConnector.

Кабель STP обычно используют в сетях TokenRing, UTP- в сетях Ethernet (10BaseT и100BaseT) и изредка в сетях TokenRing.

UTP- кабель из неэкранированных витых пар и без общего экрана вокруг сердечника. К недостаткам UTP относятся низкий уровень защищенности от помех и большой уровень собственных излучений, а также возможность простого несанкционированного подключения к сети. Достоинствами этого кабеля являются дешевизна, небольшая трудоемкость в монтаже, отсутствие повышенных требований к внутреннему заземляющему контуру здания.

Категория(Category) витой пары определяет частотный диапазон, в котором ее применение эффективно. В настоящее время действуют стандартные определения 6 категорий кабеля (Category1…Category5e).

Частотные диапазоны применимости кабелей различных категорий приведены в таблице 7.3. Категории определяются стандартом EIA/TIA 586A. в последней графе приводится классификация линий связи, обеспечиваемых этими кабелями, по стандарту ISO 11801 и EN50173.

Таблица 7.3. Частотные диапазоны кабелей различных категорий

Категория	Класс линии	Полоса частот, МГц	Типовое сетевое приложение
1	A	0.1	Аналоговая телефония
2	B	1	Цифровая телефония, ISDN
3	C	16	10Base-T(Ethernet)
4	–	20	Token Ring 16 Мбит/с
5	D	100	100Base-TX(Fast Ethernet)
5e	D	125	1000Base-TX(Gigabit Ethernet)
6	E1	200	–
7	F1	600	–

- Кабель категории 1 – это обычный телефонный кабель (пары проводов не витые), по которому можно передавать только речь, но не данные. Данный тип кабеля имеет большой разброс параметров (волнового сопротивления, полосы пропускания, перекрестных наводок).
- Кабель категории 2 – это кабель из витых пар для передачи данных в полосе частот до 1 МГц. Кабель не тестируется на уровень перекрестных наводок. В настоящее время он используется очень редко. Стандарт EIA/TIA 568 не различает кабели категорий 1 и 2.
- Кабель категории 3 – это кабель для передачи данных в полосе частот до 16 МГц, состоящий из витых пар с девятью витками на метр длины. Кабель тестируется на все параметры и имеет волновое сопротивление 100 Ом. Это самый простой тип кабелей, рекомендованный стандартом для локальных сетей. Сейчас он имеет наибольшее распространение.
- Кабель категории 4 – это кабель, передающий данные в полосе частот до 20 МГц. Используется редко, так как не слишком заметно отличается от категории 3. стандартом рекомендуется переходить сразу на кабель категории 5. Кабель категории 4 тестируется на все параметры и имеет волновое сопротивление 100 Ом. Кабель был разработан для работы в сетях по стандарту IEEE 802.5.
- Кабель категории 5 – рассчитан на передачу данных в полосе частот до 100 МГц. Состоит из витых пар, имеющих не менее 27 витков на метр длины. Кабель тестируется на все параметры и имеет волновое сопротивление 100 Ом. Рекомендуется применять его в современных высокоскоростных сетях типа FastEthernet и TPFDDI. Кабель категории 5 примерно на 30-50% дороже, чем кабель категории 3.

- Кабель категории 5е рассчитанный на передачу данных в полосе частот до 125 МГц. По соотношению цена-качество в данное время он является лучшим вариантом.
- Кабель категории 6 – перспективный тип кабеля для передачи данных в полосе частот до 200 МГц.
- Кабель категории 7 – перспективный тип кабеля для передачи данных в полосе частот до 600 МГц.

Согласно стандарту EIA/TIA 568, полное волновое сопротивление наиболее совершенных кабелей категорий 4, 5 и 5е должно составлять 100 Ом ± 15% в частотном диапазоне от частоты 1 МГц до максимальной частоты кабеля. Для согласования импедансов кабеля и оборудования в случае их несовпадения применяют согласующие трансформаторы (Balun).

Второй важнейший параметр, задаваемый стандартом – это максимальное затухание сигнала, передаваемого по кабелю на разных частотах. В таблице 7.4 приведены предельные значения величины затухания для кабелей категорий 4, 5, 5е для расстояния 1000 футов (305 метров) при нормальной температуре окружающей среды 20°С.

Таблица 7.4. Максимальное затухание в кабелях.

Частота, МГц	Максимальное затухание, дБ/305м		
	Категория 5е	Категория 4	Категория 5
0,064	2,0	2,3	2,2
0,256	3,0	3,4	3,2
0,512	4,0	4,6	4,5
0,772	5,3	5,7	5,5
1,0	6	6,5	6,3
4,0	12	13	13
8,0	16	19	18
10,0	18	22	20
16,0	23	27	25
20,0	25	31	28
25,0	28	–	32
31,25	32	–	36
62,5	48	–	52
100	54	–	67
125	65	-	-

Из таблицы видно, что величины затухания на частотах, близких к предельным, для всех кабелей очень значительны. Даже на небольших расстояниях сигнал ослабляется в десятки и сотни раз, что предъявляет высокие требования к приемникам сигнала.

Еще один специфический параметр, определяемый стандартом – это величина перекрестной наводки на ближнем конце (NEXT – NearEndCrosstalk). Он характеризует влияние разных проводов в кабеле друг на друга. В таблице 7.5 представлены значения допустимой перекрестной наводки на ближнем конце для кабелей категорий 4, 5 и 5е на различных частотах сигнала. Естественно, более качественные кабели обеспечивают меньшую величину перекрестной наводки.

Таблица 7.5. Допустимые уровни перекрестных наводок

Частота, МГц	Перекрестная наводка на ближнем конце, дБ		
	Категория 5е	Категория 4	Категория 5
0,150	-84	-68	-74
0,772	-74	-58	-64
1,0	-73	-56	-62
4,0	-63	-47	-53
8,0	-52	-42	-48
10,0	-50	-41	-47
16,0	-48	-38	-44
20,0	-45	-36	-42
25,0	-44	–	-41
31,25	-43	–	-40
62,5	-42	–	-35
100,0	-40	–	-32
125	-38	-	-

Стандарт определяет также максимально допустимую величину рабочей емкости каждой из витой пар кабелей категории 4 и 5, она должна составлять не более 17 нФ на 305 метров (1000 футов), а для кабеля 5е 46пФ/м, при частоте сигнала 1 КГц и температуре окружающей среды 20°С.

Для присоединения витых пар используются разъемы (коннекторы) типа RJ-45 (рис.7.1), похожие на используемые в телефонах RJ-11, но несколько большие по размеру. Разъемы RJ-45 имеют восемь контактов вместо четырех в случае RJ-11. Присоединяются разъемы к кабелю с помощью специальных обжимных инструментов. При этом золоченые игольчатые контакты разъема прокалывают изоляцию каждого провода, входят между его жилами и обеспечивают качественное и надежное соединение.

Рис.7.1. Разъемы (коннекторы) типа RJ-45.

Кабели выпускаются с двумя типами внешних оболочек:

- кабель в поливинилхлоридной (ПВХ, PVC) оболочке дешевле и предназначен для работы кабеля в сравнительно комфортных условиях эксплуатации;
- кабель в тефлоновой оболочке дороже и предназначен для более жестких условий эксплуатации.

Кабель в ПВХ-оболочке называется еще non-plenum, а кабель в тефлоновой оболочке – plenum. Термин plenum обозначает пространство под фальшполом и над подвесным потолком, где очень удобно размещать кабели сети. Для прокладки в этих скрытых от глаз пространствах удобнее кабель в тефлоновой оболочке, который, в частности, горит гораздо хуже, чем ПВХ-кабель, и не выделяет при горении так много ядовитых газов.

Выбранная технология прокладки кабеля в доме FastEthernet определяет три среды передачи: 100Base-T4, 100Base-TX и100Base-FX, то

будет выбран 100Base-TX (передача идет по двум витым проводам со скоростью 100 Мбит/с.), т.е. неэкранированный кабель UTP категории 5.

Этот вариант удовлетворяет всеми параметрами в данном случае:

- поддерживает высокоскоростную технологию;
- максимальная длина кабеля не превышает 100м;
- прост в монтаже;
- самый дешевый вариант.

Кроме того, неэкранированная витая пара пригодна для работы с системами телефонной связи.

Витая пара.

Для построения распределительной сети внутри здания, например, используется кабель витая пара типа КПВ-ВП 24х2х0,51 (рис.7.2).

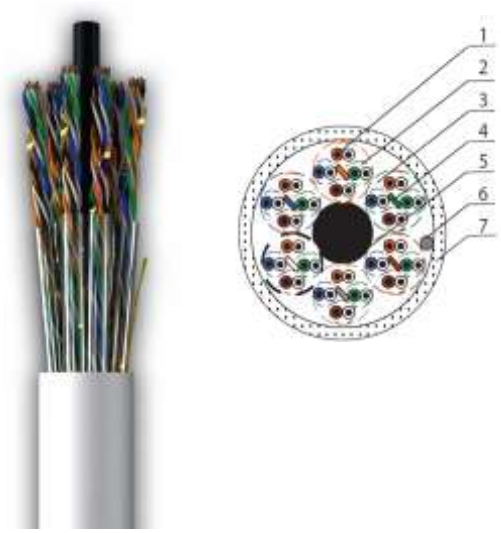


Рис. 7.2.Сечение кабеля типа КПВ-ВП.
1) Токопроводящая жила: медная проволока диаметром 0,51 мм (24 AWG)
2) Изоляция: полиэтилен, диаметр проводника: 0,91 мм
Пара: 2 скрученных вместе проводника
Количество пар: 8, 12, 16, 24, 25, 32, 64
3) Пучок: 4 витые пары скрученные вместе
4) Идентификационная лента расположена внутри пучка, каждый пучок идентифицируется лентой индивидуального цвета
5) Заполняющий элемент: пластмассовый кордель
6) Рип-корд: арамидная нить
7) Внешняя оболочка: поливинилхлоридный пластикат (ПВХ)

7.3. Волоконно-оптические кабели.

В настоящее время при строительстве сетей применяется несколько типов оптических волокон, характеристики которых регламентированы рекомендациями ITU-T (см. выше).

Конструкции оптического кабеля.

При строительстве сетей типа HFC, FTTx, PON используют оптические кабели, прокладываемые на различных участках (табл.7.6), например:

- магистральный, распределительный, абонентский и в различных условиях;
- непосредственно в грунт, в канализации, по воздуху или в зданиях.

Требования, предъявляемые к кабелю на каждом из этих этапов, отличаются принципиально, что приводит к многообразию их конструкции.

В первую очередь, они определяются условиями прокладки кабеля - будь то в грунт, в кабельную канализацию, подвеска на опорах, прокладка во внутренних кабель-каналах и стояках здания, а так же необходимым числом волокон.

При подземной прокладке кабеля принципиально важно иметь защиту от грызунов (обычно – броня из стальной гофрированной ленты) и попадания влаги (толстая полиэтиленовая оболочка, влагозащитный барьер,

гидрофобное заполнение сердечника), а также от растягивающих усилий, случайных механических повреждений и других факторов.

Для подвесных оптических кабелей очень важным является стойкость к растягивающим усилиям (обеспечивается подбором несущего троса или другими силовыми элементами) и перепадам температур (обеспечивается, в основном, материалом и конструкцией наружной оболочки).

К основным требованиям к кабелям прокладываемым внутри помещений, относятся:

- нераспространение горения (применяются не поддерживающие горение оболочки);
- гибкость;
- легкость;
- защита от случайных ударов, растягивания, скручивания, сдавливания.

Таблица 7.6. Требования к волоконно-оптическим кабелям.

Условия прокладки	Основные воздействующие факторы	Конструктивные методы защиты
Непосредственно в грунт	Атаки грызунов, растягивающие усилия, случайные удары, проникновение влаги, раздавливающие усилия, скручивание.	Броня, продольные силовые элементы, влагозащитный барьер, гидрофобный наполнитель, конструкция сердечника, наружная оболочка.
В кабельной канализации	Атаки грызунов, растягивающие усилия, проникновение влаги, скручивание.	Броня, прокладка в защитных трубах, продольные силовые элементы, влагозащитный барьер, гидрофобный наполнитель, оболочка.
Подвеска на опорах	Растягивающие усилия, перепады температур, проникновение влаги, солнечная радиация, ветровые нагрузки, обледенение.	Продольные силовые элементы из арамидных нитей или стеклопластиковых прутков, влагозащитный барьер, гидрофобный наполнитель, трекинго-эррозионно стойкая оболочка.
Кабельные вводы в дом	Изгибы, растягивающие усилия, проникновение влаги, скручивание, возгорание.	Продольные силовые элементы, влагозащитный барьер, гидрофобный наполнитель, наружная оболочка LSZH или PVS.
Внутри помещений	Изгибы с недопустимым радиусом, растягивающие усилия, скручивание, возгорание, случайные удары, раздавливающие усилия.	Силовые элементы – арамидные нити, влагозащитный барьер, гидрофобный наполнитель, наружная оболочка LSZH или PVS.

В таблице 7.6. указаны факторы, которые воздействуют на оптические кабели, проложенные в различных условиях и конструктивные методы защиты от них, что позволяет выбрать конструкцию ВОК в соответствии с требованиями проектных решений, см. табл.7.7.

Таблица 7.7. Марки ВОК.

№	**ВОК для непосредственной прокладки в грунт**	
1	ДПС ОВ 2-16	Центральный силовой элемент - диэлектрический, броня из стальных оцинкованных проволок
2	ДПН 2 -16	Тоже с ВЗО Н
3	ДПГ 2 - 16	Тоже с ВЗО Г
4	СПС 2 - 16	Центральный сил. эл. стальной, броня из стальных оцинкованных проволок

5	СПН 2 - 16	Тоже с ВЗО Н
6	СПГ2 - 16	Тоже с ВЗО Г
7	ТОС 2 - 24	В грунтах всех категорий, кроме подверженных мерзлотным деформациям, полиэтиленовая
8	ОПС от 2 до 144	Трубчатый сердечник кабеля, однослойная броня из стальных проволок, внешняя полиэтиленовая оболочка
9	ОПУ от 2 до 144	Трубчатый сердечник кабеля, однослойная броня из стальных проволок усиленная, внешняя полиэтиленовая оболочка
10	ДПС от 2 до 144	Диэлектрический ЦСЭ, полиэтиленовая оболочка, броня из гофрированной стальной ленты, внешняя полиэтиленовая оболочка
11	ДПУ от 2 до 144	Диэлектрический ЦСЭ, полиэтиленовая оболочка, однослойная усиленная броня из стальных проволок, внешняя полиэтиленовая оболочка
12	ДП2 от 2 до 144	Диэлектрический ЦСЭ, полиэтиленовая оболочка, двухслойная броня из стальных проволок, внешняя полиэтиленовая оболочка
Марка ДПО, ДПЛ в кабельную канализацию		
13	ДПЛ от 2 -16	Диэлектрический,. стальная гофрированная лента с полимерным покрытием
14	ДПО от 2 -16	Диэлектрический ЦСЭ, полиэтиленовая оболочка
15	ДПО от 2 -144	тоже
16	ДОЛ от 2 -216	В кабельной канализации,блоках,трубах(включая метод пневмопрокладки)при опасности повреждения грызунами.По мостам и эстакадам. Гофрированная броня.
17	ДАО от 2-216	В кабельной канализации, блоках, трубах (включая метод пневмопрокладки). Гофрированная броня
Подвесной ВОК типа 8-ки		
18	ОПД от 2 до 64	Кабели содержат (ЦСЭ) из стеклопластика, вокруг ЦСЭ скручены оптические модули с волокнами и кордели. В качестве периферийного силового элемента использован стеклопластиковый пруток.
19	ОПВ от2–24	Для подвески на опорах линий связи, контактной сети железных дорог, линий электропередач.
20	ОКТс от 2 до 48	Несущий элемент - стальной трос.
21	**ДПВ** от 2 до 16	*Вынесенный силовой элемент: диэлектрический (***ДПИ***) стальной (***ДПВ***)*
Самонесущие ВОК		
22	ОКА-М6П-16А-4,0(с)	Кабель оптический самонесущий 16 волокон одномод 4кН, Электропровод
23	ОКА-М6П-16А-6,0(с)	Кабель оптический самонесущий 16 волокон одномод 6кН, Электропровод
24	ОКК от 2 до 144	Диэлектрический самонесущий с силовым элементом и броней из высокомодульных арамидных нитей. Саранскккабель-Оптика.
25	**ДПМ** от 2 до 16	Для подвески на опорах линий электропередачи, контактной сети железных дорог, воздушных линий связи. *Повив из несущих силовых элементов из диэлектрических стержней. Оптен*
26	**ДПТ** от 2 до 16	Для подвески на опорах линий электропередачи, контактной сети железных дорог, воздушных линий связи. *Повив из силовых элементов из высокомодульных прядей. Оптен*
27	ПЗВ_О (СИП_О)	Одновременная передача электрической энергии и оптических сигналов связи. Монтируется методом подвески на ЛЭП напряжением 10 кВ.

На территории России располагается несколько производств волоконно-оптических кабелей связи. Волоконно-оптические кабели в зависимости от применения могут значительно отличаться. Единого классификатора оптических кабелей нет и каждый производитель использует собственную маркировку кабелей. В таблице 7.8 приведено соответствие основных типов оптических кабелей у различных производителей.

Табл.7.8. Производители ВОК.

Производитель	Для прокладки в трубах и коллекторах	С броней из гофрированной стальной ленты	С броней из круглых стальных проволок	Подвесные самонесущие	С усиленной броней
Еврокабель - I	ОТД, ОТМ, ОТЦ, ОТЦм	ОКД, ОКМ, ОКЦ	ОГД, ОГМ, ОГЦ	ОПД, ОСД	ОГД, ОГМ
Москабель-Фуджикура	ОККТМ,ОККТЦ, ОККТЦГ	ОКСТМ,ОКСТЦ	ОМЗКГМ	ОКСНМ	ОМЗКГМ

ОКС - 01	ДПО, ДАО	ДПП	ОПС, ОАС, ДПС, ДАС	ДПМ, ДПТ	ОА2, ДАУ, ДП2, ДА2
ОФС-Связьстрой - 1	ДП, СП, ДПа, СПа	ДБП	ДКП-03	ДС, ДТ	ДКП-07, ДКП-20
СамарскаяОптическая Кабельная Компания	ОКЛ	ОКЛСт	ОКЛК	ОКЛЖ	-
Саранскккабель-Оптика	ОКГ	ОКЛ	ОКБ	ОКК	-
Севкабель-оптик	ДПО	ДПЛ	ДПС	ДПТ	ДПУ , ДА2
Трансвок	ОКМТ	ОКЗ	ОКБ	ОКМС	ОКБу
Электропровод	ОК	ОКС	ОКБ	ОКА	-
Эликс-кабель	ДПО	ДПЛ,СПЛ	ДПС	ДПТ	ДПУ, ДА2

Маркообразование оптических кабелей - позволит правильно выбрать конструкцию и параметры оптического кабеля.

В связи с переработкой технических условий в «Севкабель_Оптике» принят новый способ маркирования оптических кабелей:

Пример:

СКО_ __ДПС_ __020А/004Н_ __06____А08х2/04х1/Н04х1_ __Э2_ _15___.....

1	2	3	4	5	6	7	8

Группы символов в маркировке:

1. Код разработчика или изготовителя (всегда СКО);
2. Тип кабеля;
3. Количество и тип волокон в кабеле (от 2 до 288 волокон; типы Е, А, Н, С, D , МА, МВ, MD);
4. Количество элементов сердечника (от 01 до 18);
5. Распределение волокон в модулях и пучках;
6. Обозначение и количество электрических жил в кабеле (от Э1 до Э8);
7. Длительно_допустимая растягивающая нагрузка кабеля в кН;
8. Исполнение кабеля (НГ, LS, HF, FR, Д).

Типы волокон:

Е – одномодовое с несмещенной дисперсией («стандартное»)

А – одномодовое с уменьшенными потерями в диапазоне длин волн 1383–1480 нм пика поглощения
гидроксильных групп (ОН).

Н – одномодовое со смещенной ненулевой дисперсией

С – одномодовое с отрицательной смещенной ненулевой дисперсией

D – одномодовое со смещенной ненулевой дисперсией и с нормированной хроматической дисперсией
в диапазоне длин волн 1460–1625 нм

МА – многомодовоеградиентное с диаметром сердцевины 50 мкм

МВ – многомодовоеградиентное с диаметром сердцевины 62,5 мкм

MD – многомодовоеградиентное с диаметром сердцевины 100 мкм

Виды исполнения кабеля:

НГ – не распространяющее горение;

LS – с низким дымо_ и газовыделением;

HF – с пониженной коррозионной активностью продуктов дымо_ и газовыделения;

FR – огнестойкое;
Д – дугостойкое (стойкие к медленной электрокоррозии).