

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНСТВО СВЯЗИ**  
**ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧЕРЕЖДЕНИЕ**  
**ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ**  
**САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ**  
**ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ**  
**им. проф. М.А.БОНЧ-БРУЕВИЧА**

---

**Б.К.Никитин, А.Н.Сергеев, Г.М.Смирнов**

Методические указания по курсовому проектированию  
по дисциплине:

**СЕТИ СВЯЗИ**  
**ШИРОКОПОЛОСНОГО ДОСТУПА**  
**11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи»**  
(код и наименование направления подготовки /специальности/)

Квалификация: бакалавр

Санкт-Петербург  
2016 г.

**Б.К.Никитин, А.Н.Сергеев, Г.М.Смирнов. Методические указания по курсовому проектированию по дисциплине «Сети связи широкополосного доступа»/ СПб ГУТ. СПб, 2016.**

**Рекомендовано к печати редакционно-издательским советом университета.**

Курсовой проект по дисциплине «Сети связи широкополосного доступа» состоит из двух частей, связанных общей задачей – проектирование заданного участка сети с целью организации широкополосного абонентского доступа. Первая часть посвящена вопросам выбора и анализа технологии построения сети, разработке структуры магистральных участков, расчету бюджета потерь. Во второй части рассматриваются вопросы проектирования и строительства домовой распределительной сети, выбору кабельной системы, размещению оборудования. Для оценки пропускной способности участка сети, студент должен определить возможное количество абонентов, варианты скоростей передачи, предоставляемых абонентам, объем предоставляемых услуг. Для многовариантного проектирования студентам предлагаются планы микрорайонов, в которых предполагается построение сети, методика оценки пропускной способности, методика расчета бюджета участков сети, а также рекомендации по выбору способа строительства, кабеля и активного оборудования. Предполагается, что студенты, должны иметь базовые знания по дисциплинам «Направляющие системы электросвязи» и «Физические основы оптических направляющих систем», а также по дисциплинам, касающимся современных систем передачи.

**Порядок оформления и расположение материалов КП.**

Форма титульного листа КП.

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНСТВО СВЯЗИ**  
**ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧЕРЕЖДЕНИЕ**  
**ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ**  
**САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ**  
**ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ**  
**им. проф. М.А.БОНЧ-БРУЕВИЧА**

---

**КУРСОВОЙ ПРОЕКТ**

по дисциплине:

**СЕТИ СВЯЗИ**  
**ШИРОКОПОЛОСНОГО**  
**ДОСТУПА**

**Выполнил:**

Студент гр. \_\_\_\_\_ № зачетной книжки \_\_\_\_\_

ФИО \_\_\_\_\_

**Проверил**

ФИО \_\_\_\_\_

**Защита с оценкой**

\_\_\_\_\_

«.....».....20...г.

Подпись преподавателя \_\_\_\_\_

**20** г.

## **Введение.**

Во введении студент должен отразить актуальность построения сети широкополосного абонентского доступа (ШПД) в заданном микрорайоне, что требует от него изучения состояния о предоставляемых услугах связи и оценки перспектив развития с точки зрения потребностей в предоставлении услуг мультисервисных сетей.

К примеру, введение может быть построено по следующему принципу.

## **Общие сведения.**

В настоящее время развития цифровых технологий и построения сетей NGN, где основу предоставления услуг определяют сети ШПД, объемы передаваемой информации и качество линий связи не всегда соответствуют друг другу. Оценка с этих позиций возможностей проектирования последних на основе технологий FTТх, PON представляется достаточно интересной задачей.

И далее следует оценка состояния структуры связи в заданном микрорайоне. Для этого следует воспользоваться сведениями из интернета.

**Характеристика микрорайона в соответствии с вариантом задания 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 Fast Ethernet.

Эти сведения по микрорайону студент определяет **самостоятельно**, источники данных могут быть самыми разнообразными от вариантов предполагаемых самим студентом, до предложений в интернет.

**ВНИМАНИЕ! Указания по оформлению, содержанию и выбору вариантов разработки пояснительной записки для конкретного студента приведены в «1. Задание на курсовое проектирование».**

## **1. Задание на курсовое проектирование.**

Указываются конкретные данные для выполняемого проекта, все пункты должны быть заполнены.

Разработать проект строительства линейных сооружений сети ШПД в соответствии с данными приложения 1.

### **Исходные данные.**

**Вариант** \_\_\_\_\_ (указываются две последние цифры зачетной книжки).

**Название микрорайона**.....

**Количество домов**.....

**Количество абонентов по каждому дому**.....

.....

**Технология построения сети**.....

**В проекте должны быть решены следующие вопросы:**

- выполнена оценка максимальной скорости передачи по магистральным участкам сети – раздел 2;

- проведен анализ технологии построения сети – раздел 3 (анализируется только технология, указанная в назначенном варианте, см. П.1);
- разработана структура построения магистральных участков сети в соответствии с планом микрорайона (см. П.1) – раздел 4;
- произведен выбор активного оборудования – раздел 5 (см. П.3);
- расчет бюджета магистральных участков сети – раздел 6;
- разработана структура построения домовой распределительной сети (ДРС) одного из домов микрорайона (по выбору студента) – раздел 7;
- произведен выбор, обоснование и расчет параметров кабельной системы для различных участков сети, в частности – раздел 8 (см. П.2):
  - тип и количество ОВ в магистральных ВОК;
  - конструкция магистральных ВОК, определяемая способом строительства;
  - параметры выбранных ОВ – потери, дисперсия на рабочих длинах волн;
  - кабели ДРС – оптические, металлические (если есть), параметры металлических кабелей, их конструкция, графики частотных зависимостей;
- обоснован способ строительства и предложены варианты прокладки кабельной системы – раздел 9.

Индивидуальное задание \_\_\_\_\_

Проект должен быть выполнен в виде пояснительной записки с приложением следующих чертежей:

- план микрорайона с указанием места расположения головной станции (узла связи, OLT) мест установки оптических узлов (ОУ, сплитеров), распределительных шкафов (РШ) и распределительных коробок (РК);
- схема магистральной кабельной сети;
- схема ДРС (выбранного дома) с указанием мест расположения распределительных коробок (РК) и РШ;
- конструкций кабелей, используемых на различных участках сети;
- график потерь для участка магистральной сети максимальной протяженности;
- график потерь для участка ДРС одного подъезда.

Карты микрорайонов, а также вариант используемой технологии, приведены в **приложении 1**. Ваш вариант определен **двумя последними цифрами студенческого билета** (зачетной книжки). В случае если студенту недостаточно данных для разработки проекта он должен обратиться на сайт **ЯНДЕКС - КАРТЫ**, где он сможет получить достаточную для курсового проектирования информацию.

Волоконно-оптический кабель и другие компоненты кабельной подсистемы студент выбирает либо из таблиц **приложения 2**, либо самостоятельно в соответствии со способом строительства, предложенном в проекте. В случае если эти марки не удовлетворяют по своим характеристикам требованиям проекта, целесообразно ознакомиться с каталогом продукции, выпускаемой другими производителями кабельной продукции, см. табл. П.2.3.

В пояснительной записке проекта должен быть помещен **рисунок конструкций используемых кабелей и приведена его полная маркировка.**

В приложении П.2 также приведен порядок марко-образования оптических кабелей, которого придерживается большинство производителей и студент должен указать конкретную марку кабеля.

В качестве примера в **приложении 3** приведены характеристики одного из возможных вариантов выбора активного оборудования.

## **2. Оценка максимальной скорости передачи по магистральным участкам сети.**

Оценка максимальной скорости передачи по магистральным участкам сети, достаточно сложная задача, так как предполагает учет всех или основных факторов, определяемых потребностями абонентов в услугах связи. 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.

В проекте предлагается учитывать схему распределения цифровых потоков по объектам, в среднем, составленную на основании сведений по количеству абонентов в заданном сегменте сети.

**Объекты** (дома, организации и пр. в заданном микрорайоне) –  $N_{xx}$  – **количество абонентов на объекте** (не путать с числом жителей):

$N_{01} = \dots\dots\dots \text{аб.};$

$N_{02} = \dots\dots\dots \text{аб.};$  и т.д. по количеству объектов.

**Скорость обмена в сети**, которая должна быть предоставлена одному абоненту для получения услуг Triple play, может быть 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).

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

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

$$\Sigma_{аб} = (N_{аб} \times 0,064) \times Y_{тлф} + \Sigma_{инт} \times Y_{инт} + \Sigma_{ТВ} + E_{th} \quad 2.1.$$

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;

$V_{\Sigma_{инт}}$  – 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;

$V_{\Sigma_{ТВ}}$  – 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:

$$V_{\Sigma_{ТВ}} = (2*8 + 1*12) = 28 \text{ (Мбит/с)}.$$

$V_{E_{th}}$  – 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:

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

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

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.

### **3. Технологии построения сети.**

#### **3.1. Технология FTTC.**

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

Сеть НФС – 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.

Некоторые требования, которые позволяют спроектировать систему, представляющую абонентам качественный и разнообразный набор самых современных услуг, начиная с ТЛФ, трансляции ТВ-каналов, «видео по запросу» и услугами Internet:

**а) уровни сигналов на любой абонентской розетке:**

- минимальный уровень – 60 дБ мкВ (57 дБ мкВ для систем с растром каналов 8 МГц и частотным диапазоном до 300 МГц);
- максимальный уровень – 80 дБ мкВ (77 дБ мкВ для систем с числом каналов более 20);

**б) перекос в уровнях сигнала ТВ-каналов на любой абонентской розетке:**

- в диапазоне 47-862 МГц не более 12 дБ;
- в любой полосе шириной 60 МГц не более 6 дБ;
- на соседних каналах не более 3 дБ;

**в) развязка между любыми абонентскими выходами сети:**

- должна быть не менее 42 дБ или 36 дБ для систем с растром 8 МГц;
- отношение сигнал/шум на абонентской розетке C/N – так называемые шумы ингрессии (обусловлены количеством абонентов подключаемых к одному домовому усилителю) должно быть не ниже 43 дБ;
- отношение сигнал/шум комбинационной частоты третьего порядка СТВ (обусловлено взаимодействием между несущими изображения, звукового сопровождения и цветовой поднесущей) должно быть не менее 54 дБ;
- отношение сигнал/помеха комбинационных частот второго порядка CSO (обусловлено взаимодействием несущих частот используемых каналов) должно быть не менее 57 дБ.

Типовая структура сети по технологиям FTTC, FTТВ представлена на рис.3.1.



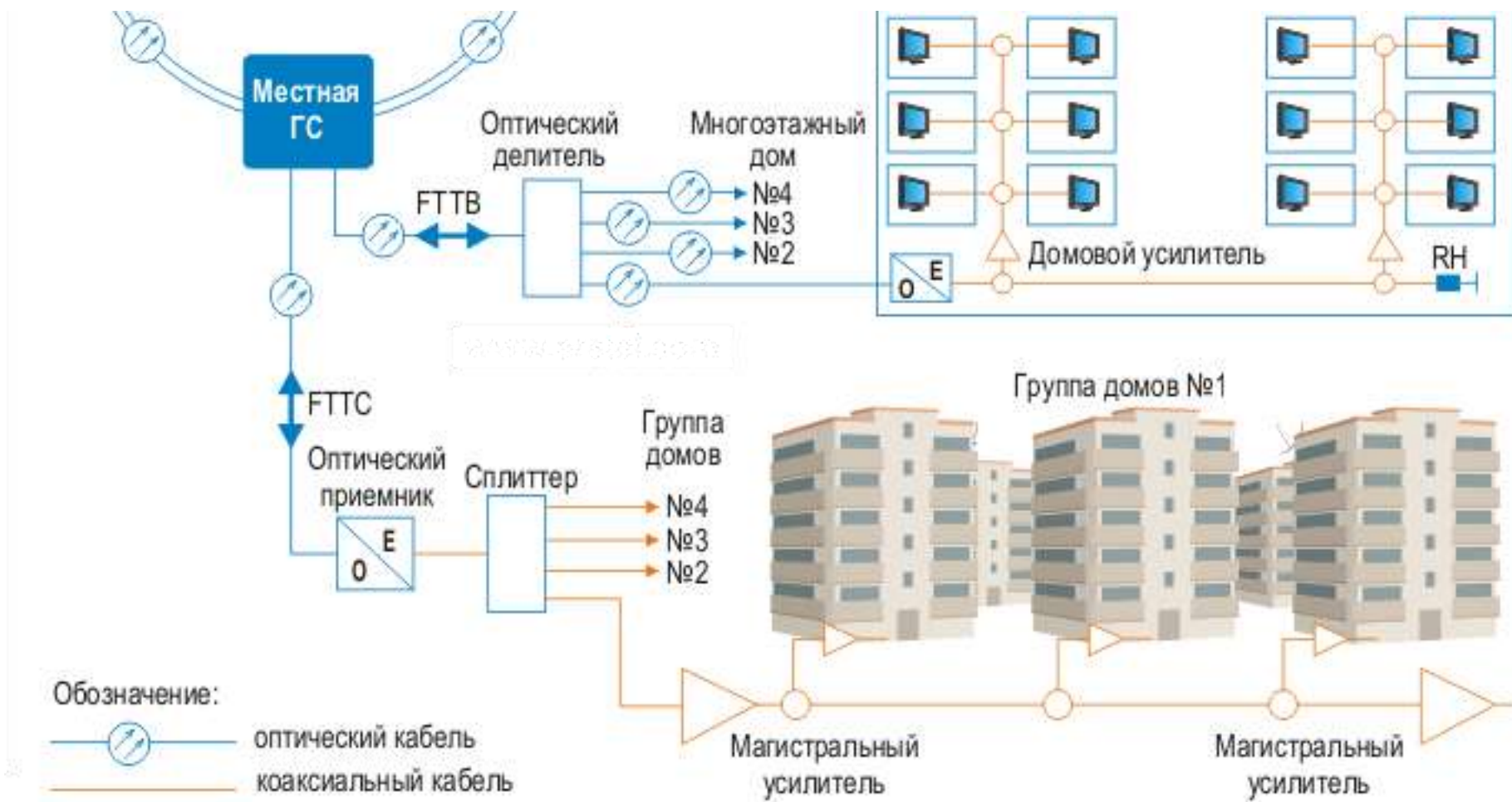


Рис.3.1. Типовые структуры построения сетей по технологиям FTTC, FTTB.

### 3.2. 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.3.1).

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.

Сеть FTTB, это две наложенные сети: одна для услуг аналогового кабельного телевидения, другая – для услуги передачи данных. Объединяет их использование различных волокон в одних и тех же ОК на участках магистрали и в распределительных сетях узлов второго уровня. При использовании FTTB все оборудование строго специализировано: либо передача ТВ, либо передача данных, и при выходе из строя одного оборудования другая услуга не страдает.

При использовании варианта FTTB оптическое волокно заводится в дом, как правило, на цокольный этаж или на чердак (что более экономически эффективно) и подключается к устройству ONU (Optical Network Unit). На стороне оператора связи устанавливается терминал оптической линии OLT (Optical Line Terminal). OLT является primary устройством и определяет параметры обмена трафика (например, интервалы времени приема/передачи сигнала) с абонентскими устройствами ONU. Дальнейшее распределение сети по дому происходит по «витой паре».

Этот подход целесообразно применять в случае развертывания сети в многоквартирных домах и бизнес-центрах среднего класса.

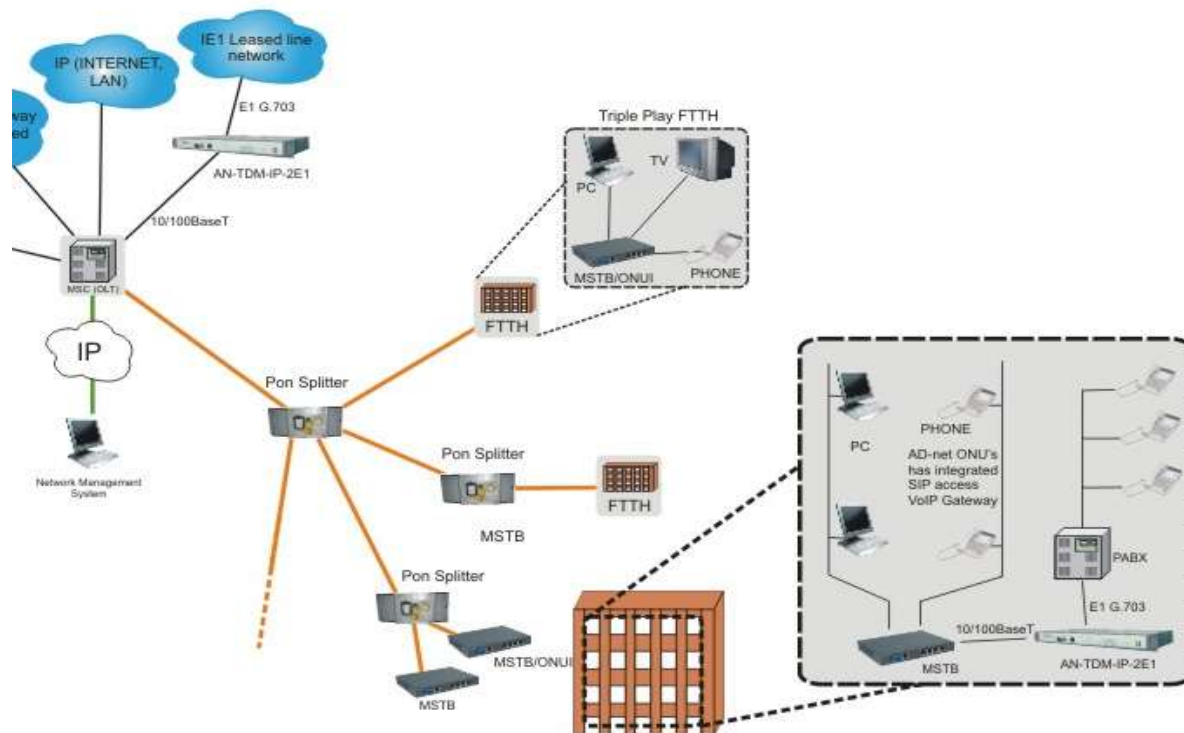
### 3.3. Технология FTTH.

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.3.2).

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



архитектуры.

Затем  
распространение

широкое  
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

Рис.3.2. Структура построения сети FTTH.

каждого конечного устройства к точке присутствия (point of presence, 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.

#### 3.4. 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 приемопередающему модулю OLT («дереву» PON), может быть настолько большим, насколько позволяет бюджет мощности и максимальная скорость приемопередающей 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 «дереву» 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.

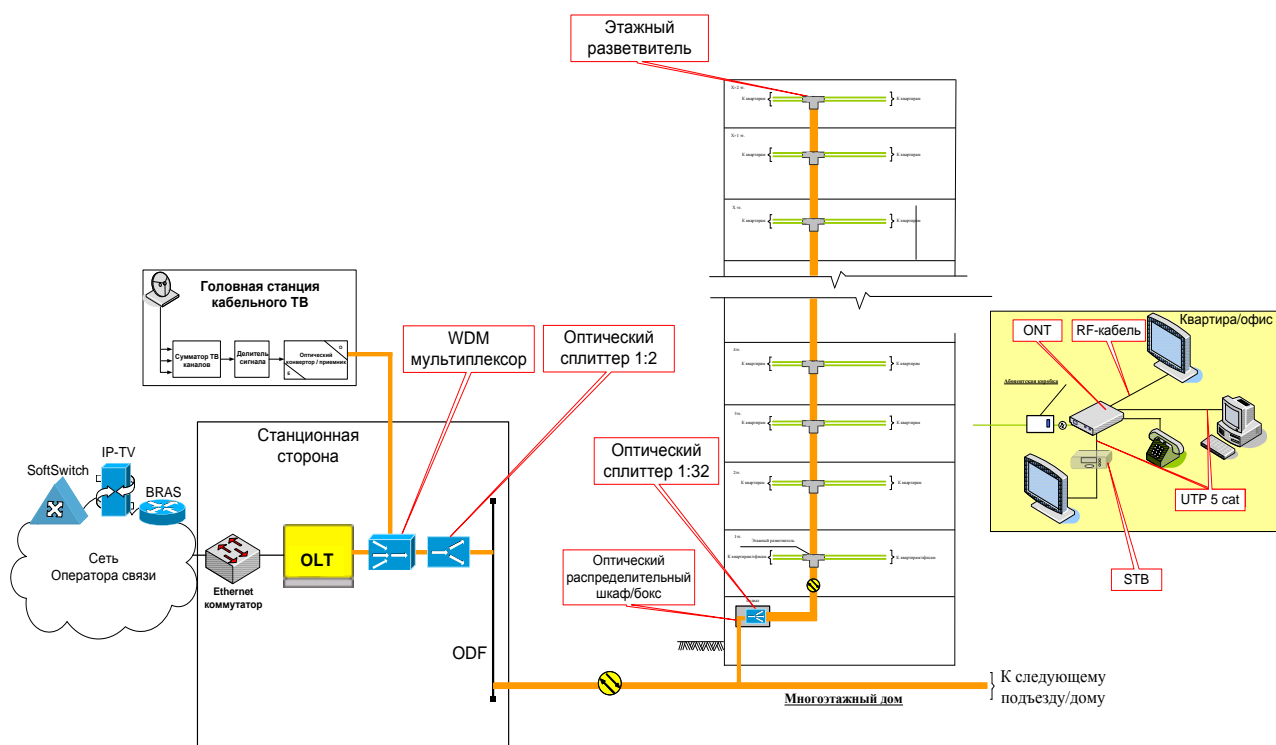


Рис.3.3. Упрощенная структура PON.

В таблице 3.1 приведены основные характеристики существующих стандартов PON.

Табл.3.1. 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

#### 4. Разработана структура построения магистральных участков сети.

Только в качестве примера.

В соответствии с заданием предусматривается организация сети по технологии FTTH от узла агрегации к проектируемым жилым домам, строительство которых предполагается по ул. Ларина. Вид района в данный момент представлен на рис.4.1.

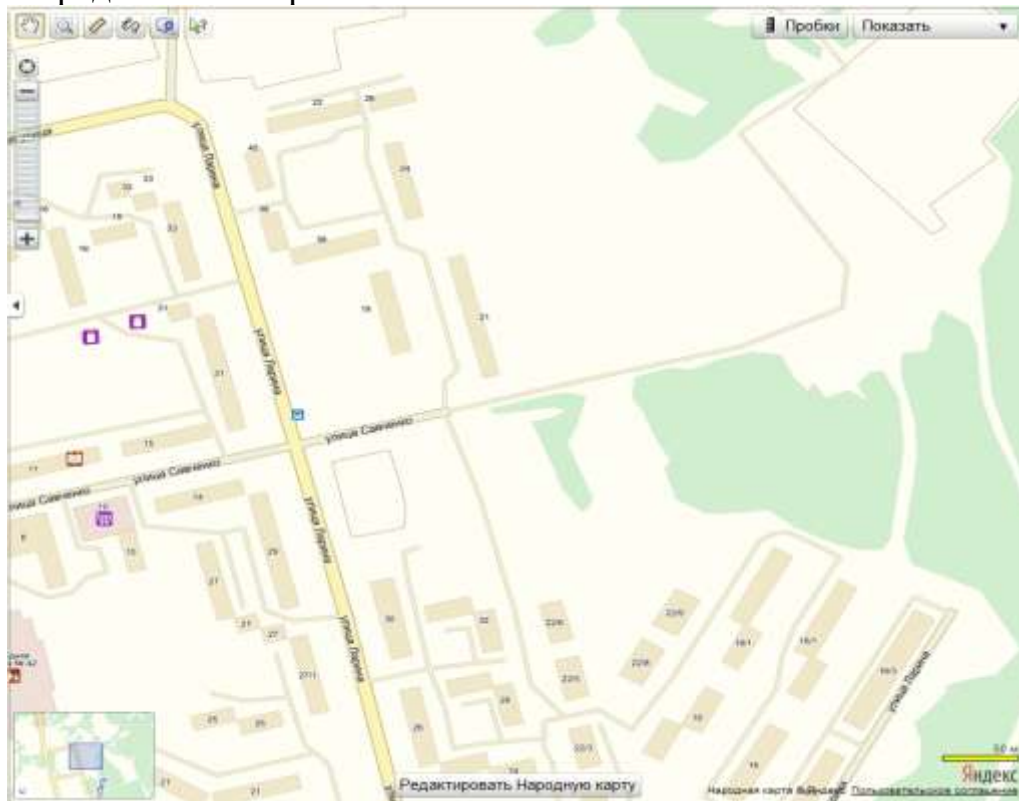


Рис 4.1. г. Петропавловск-Камчатский, Северный район.

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.4.1) размещается в настенном шкафу располагаемом на свободных площадях либо отдельных выделенных помещений в т.ч. электрощитовых.

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 4.1.

№№	Адрес размещения УД	
	улица	номер дома по строительному плану застройки квартала
1	Ларина	4.1-4.3
2		1 (12 эт.)
3		2 (12 эт.)
4		9
5		8
6		12
7		3 (12 эт.)
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. Схема прокладки магистрального кабеля показана на рисунках 4.2 - 4.4.

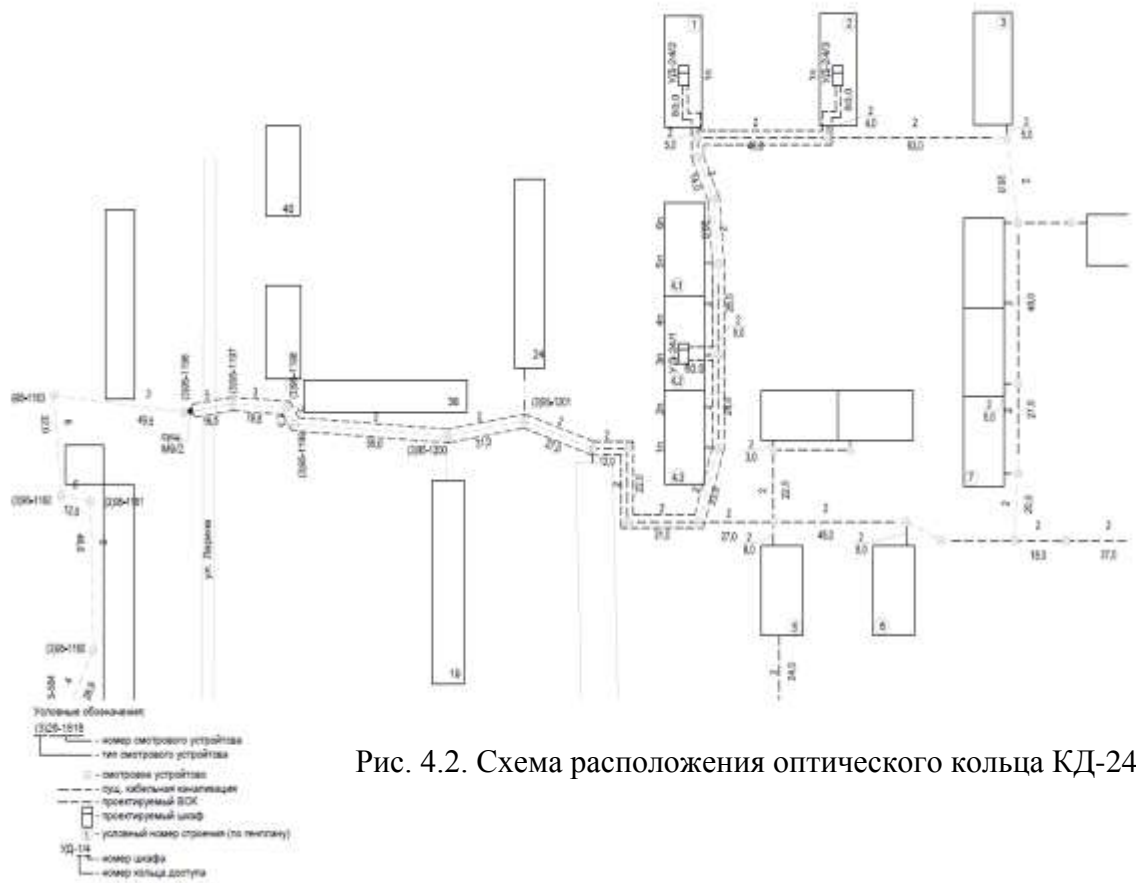


Рис. 4.2. Схема расположения оптического кольца КД-24.

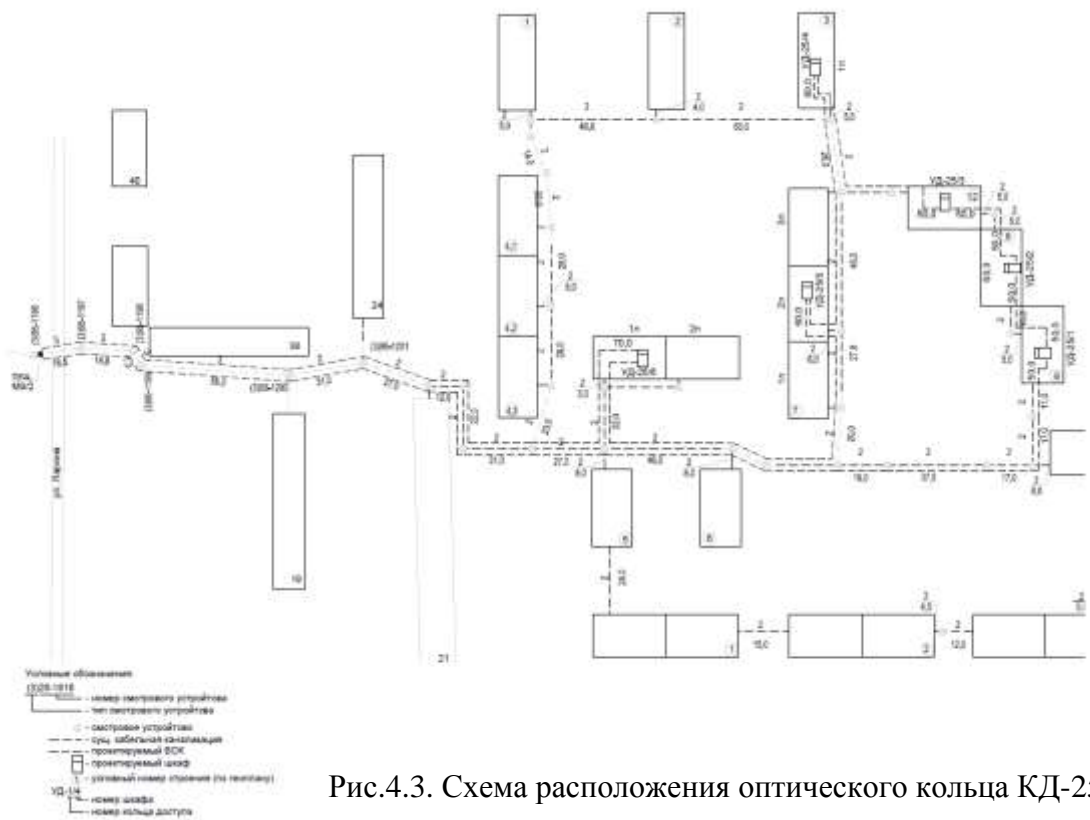
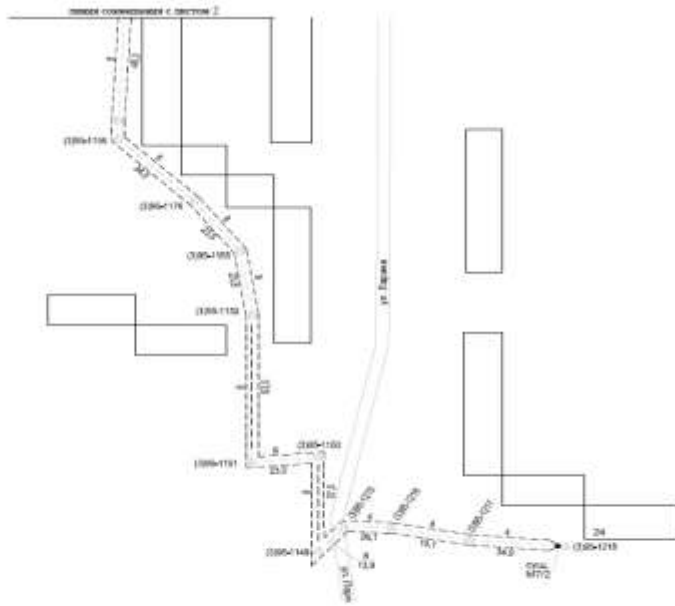


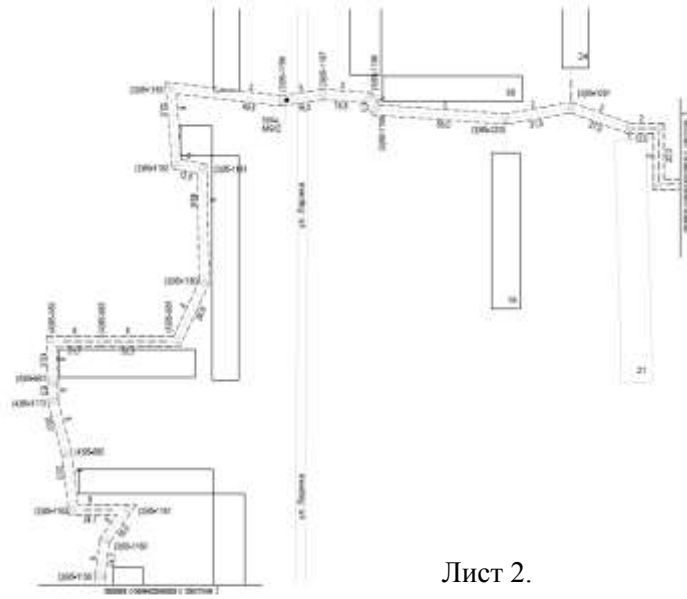
Рис.4.3. Схема расположения оптического кольца КД-25.



Лист 1.

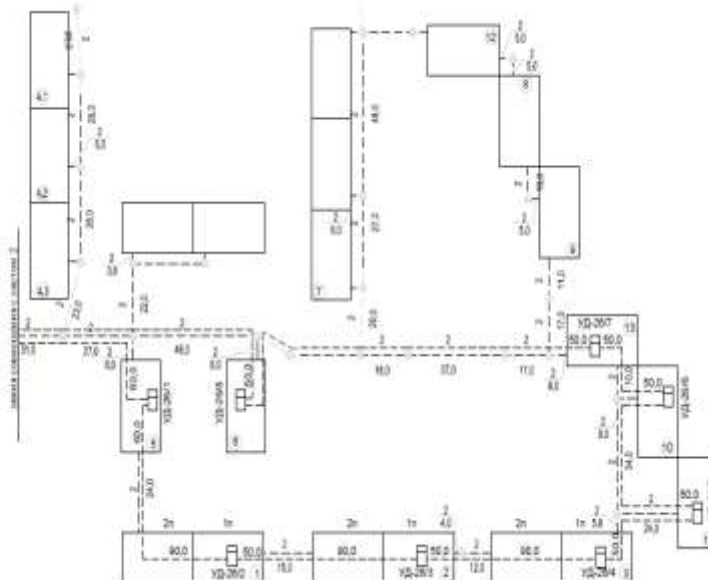


- Условные обозначения
- 0.05-123 - номер светового устройства
  - 0.05-123 - тип светового устройства
  - - магистраль устройства
  - - трасс. кабельная канализация
  - - проектный БСК
  - - проектный шкаф
  - 1 - условный номер строения (по плану)
  - VS-123 - номер шкафа
  - 1-123 - номер выхода доступа



Лист 2.

- Условные обозначения
- 0.05-123 - номер светового устройства
  - 0.05-123 - тип светового устройства
  - - магистраль устройства
  - - трасс. кабельная канализация
  - - проектный БСК
  - - проектный шкаф
  - 1 - условный номер строения (по плану)
  - VS-123 - номер шкафа
  - 1-123 - номер выхода доступа



Лист 3.

Рис. 4.4. Схема расположения оптического кольца КД-26.

## 5. Выбор оборудования (пример).

### 5.1. 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 Quidway S5328C-E1-24S (версия ПО VRP 5.30) производства Huawei Technologies Co. общей монтированной емкостью 24 портов Gigabit Ethernet и 2 порта 10 Gigabit Ethernet.



Рис.5.1.Оборудование Quidway S5328C-E1.

Huawei Technologies - 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 Smart Link 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.

### РоЕ

Коммутаторы серии S5300-PWR поддерживают технологию РоЕ 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 5.2.

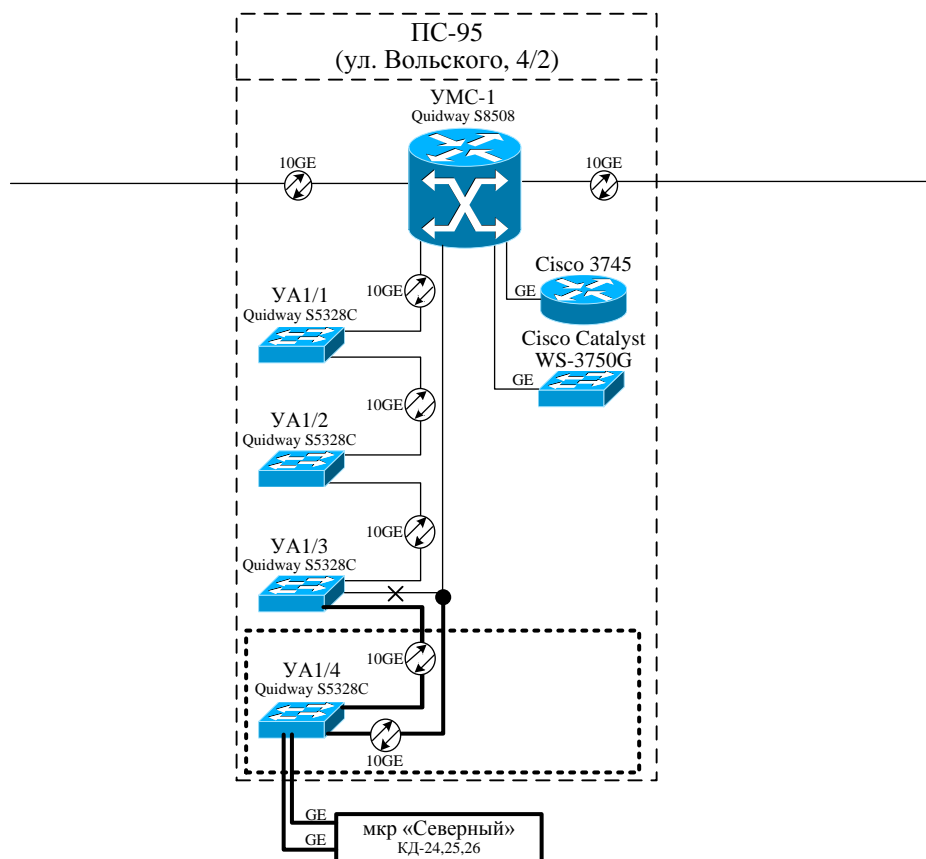


Рис.5.2.Схема организации узла агрегации.

## 5.2. Оборудование уровня доступа.

Строительство 17-ти узлов доступа (УД) осуществляется путем установки в проектируемые **19” антивандальные телекоммуникационные шкафы** типа ME LSKM15 производства ООО «ПАУЭР ИНЖИНИРИНГ» (рис.5.3) 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.5.3.Шкаф  
телекоммуникационный  
антивандальный ME LSKM15.

### **Оптические кроссы.**

Оптический кросс (Optical Distribution Frame, ODF, оптическое распределительное устройство) используется для распределения волоконно-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 ME LSKM15 устанавливаем панели оптические распределительные типа ПОР-19 производства ООО Научно-технический центр «ПИК» (рис.5.4).



Рис.5.4. Оптический кросс ПОР-19.

Панели оптические распределительные стационарные (ПОР-С) предназначены для использования в волоконно-оптических системах передачи данных для соединения оконцованных многоволоконных оптических кабелей с помощью оптических шнуров. Устанавливаются в 19" 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. 5.5) общей монтированной емкостью 984 порта Fast Ethernet, согласно таблице 2.2. 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.5.5 .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 CoS внутренней 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 Fast Leave и Proxu. 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 передаётся 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 для его 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 плиток. Плитки размещаются в шкафах / стойках или в настенных коробках — боксах. В проекте используем цифровые кроссы 110 типа серии SKC-Line производства ЗАО «НТЦ Энергия» (рис.5.6).



Рис.5.6. 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.5.7).





Рис.5.7. Шкаф распределительный настенный ШРН-П.

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

**Особенности конструкции.**

Шкаф имеет:

- 2 отверстия Ø51мм на верхней и нижней стенках для установки резиновых втулок, обеспечивающих ввод кабеля в шкаф;
- 2 отверстия 16x25мм 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 5.1.

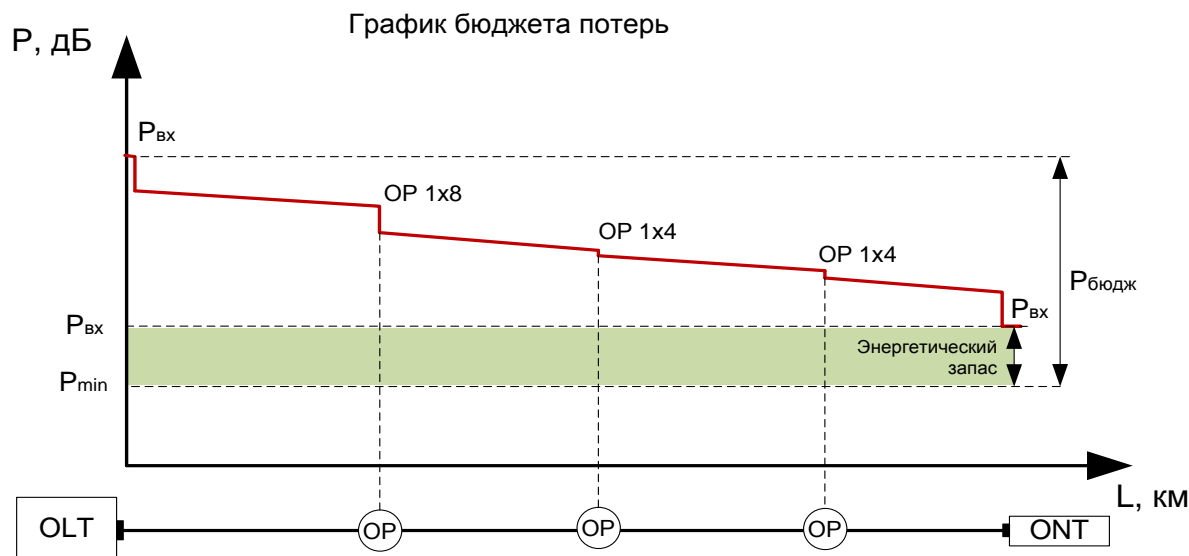
Таблица 5.1.

Адрес размещения УД		Кол-во УД	Кол-во портов Fast Ethernet	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.;

## 6. Расчет бюджета магистральных участков сети.

### 6.1. Расчет бюджета участка ВОЛС.



Для ветви сети все потери в линии равны сумме затуханий всех компонентов:

$$A_{\Sigma} = (L_1 + L_2 + \dots + L_i) * \alpha + N_p * a_p + N_c * a_c + a_{spi} + a_{spm},$$

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

$L$  – длина  $i$ -участка, км;

$n$  – количество участков;

$\alpha$  – 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, дБ;

$a_{spm}$  – потери в  $m$ -оптическом разветвителе, дБ.

Индекс  $i$  – соответствует магистральным сплиттерам (первый уровень деления), индекс  $m$  – уровню распределительной сети.

### 6.2. Расчет потерь в участках на металлическом кабеле.

Расчет выполняется в два этапа, первый – расчет и распределение затуханий на участке магистральной сети (ФТТС), где в составе участка могут находиться 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 дБ мкВ, 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 дБ мкВ, которого должно хватить для доставки к домовому усилителю.

В этом варианте выражение для расчета участка сети на коаксиальном кабеле примет следующий вид:

$$A_{\Sigma} = \sum \alpha_{ki} L_{ki} + \sum_n^1 A_{пер} + \sum_m^1 A_{пр} + A_{спл} + A_{разв} + B_{маг.ус} ,$$

где,  $\alpha_{ki}$  – 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.

## **7. Разработка структуры построения домовой распределительной сети (ДРС).**

Расчет и распределение затуханий в домовой распределительной сети на металлическом кабеле.

Как уже говорилось сигнал на выходе абонентской розетки должен лежать в пределах 65 – 70 дБ мкВ. Приняв во внимание, что сигнал на выходе домового усилителя в среднем равен 120 дБ мкВ, получаем, что мы имеем возможность распределить затухание по ветвям сети в районе 50 дБ.

Расчет может быть выполнен по следующему выражению:

$$A_{\Sigma} = (\sum \alpha_{ki} L_{ki} + \sum_n^1 A_{пер} + \sum_m^1 A_{пр} + A_{разв}) \cong (50 \pm 2,5) \text{ дБ} ,$$

где  $\alpha_{ki}$  – коэффициент затухания коаксиального (симметричного) кабеля на верхней частоте транслируемого диапазона и на i-том участке домового 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.

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 могут никаким образом влиять на параметры передачи сигналов в сети.

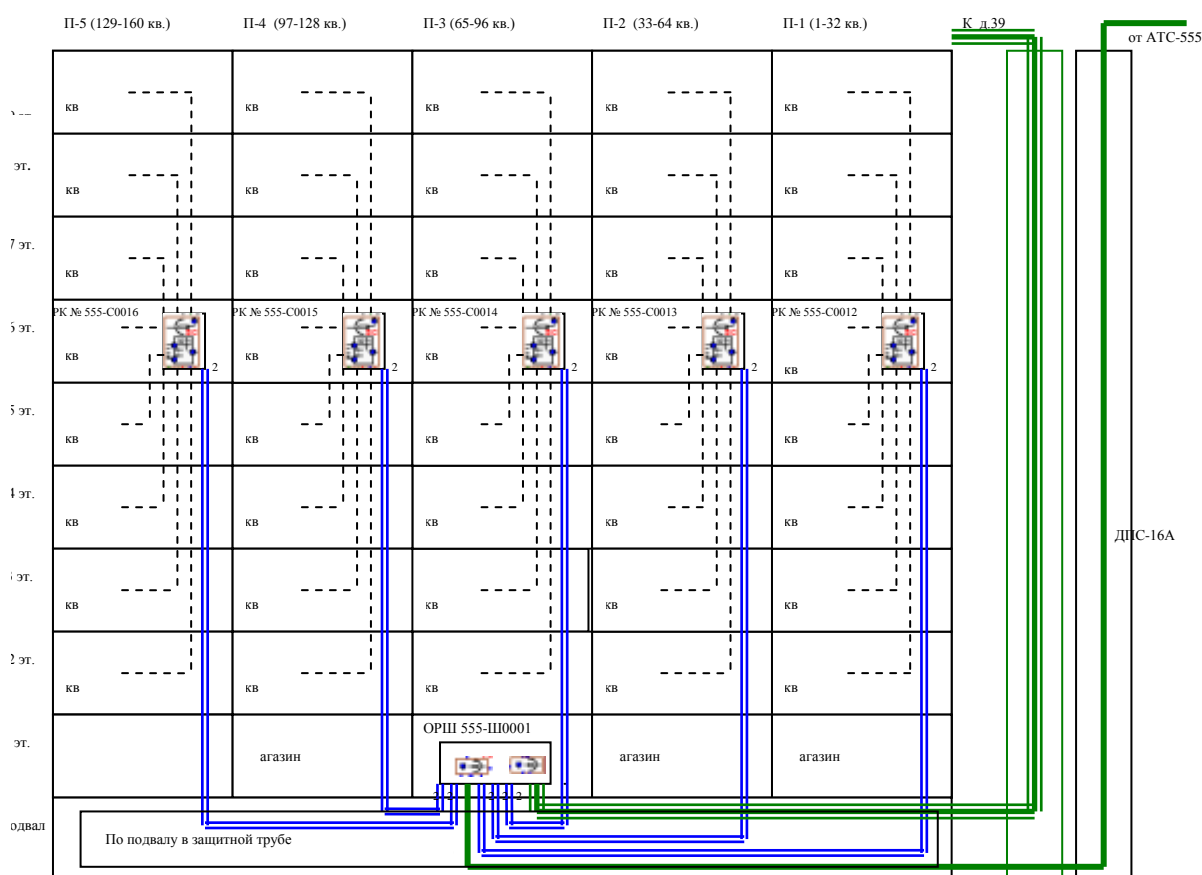


Рис.7.1. Структура домового распределительной сети.

## **8. 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:

#### **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 Pair cable, 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 IBM Data Connector.

Кабель STP обычно используют в сетях Token Ring, UTP- в сетях Ethernet (10BaseT и 100BaseT) и изредка в сетях Token Ring.

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.

Более подробное изложение материала по кабельным системам и их компонентам см. **приложение 2.**

### **Коаксиальные кабели.**

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

суперэкранировкой обладают коэффициентом радиозщитной защиты не менее 110 дВ.

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.

Подробная информация в **приложении 2**.

## 9. 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.

Студент должен выбрать тот или иной вариант строительства, описать его основные достоинства и недостатки.

Предложить конструкцию ВОК для выбранного способа строительства, 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:

$$N = N_{\text{раб}} + N_{\text{рез}} + N_{\text{отв}}, \quad 9.1.$$

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

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

$N_{\text{отв}}$  – 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.9.1.) того или иного вида,



Кабель типа ОКЛ.



Кабель типа ОКБ.

Рис.9.1. ВОК для прокладки непосредственно в грунт.

необходимых для защиты сердечника ВОК от различного рода механических повреждений при давлении грунта.

Прокладка осуществляется кабелеукладчиком или вручную, необходимо контролировать усилие тяжения. Стоимость такого типа ВОК лежит в среднем в

необходимых для защиты сердечника ВОК от различного рода механических повреждений при давлении грунта.

Прокладка осуществляется кабелеукладчиком или вручную, необходимо контролировать усилие тяжения. Стоимость такого типа ВОК лежит в среднем в



районе от 2800 до 3600 \$/км.

### Прокладка ВОК в защитную трубу.

Предварительно прокладывается в грунт кабелеукладчиком (рис.9.2) защитная труба (рис.9.3), 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.9.4).



Рис.9.2. Прокладка труб (кабеля) непосредственно в грунт.



Рис.9.3. Защитные трубопроводы

Прокладка трубопровода осуществляется кабелеукладчиком, в траншею.

Надежность подобного типа ВОЛС выше. Современное оборудование для задувки кабеля (рис.2.7) обеспечивает скорость задува 60 – 80 м/мин, что позволяет существенно увеличить скорость строительства ВОЛС и обеспечить её высокую ремонтнопригодность.

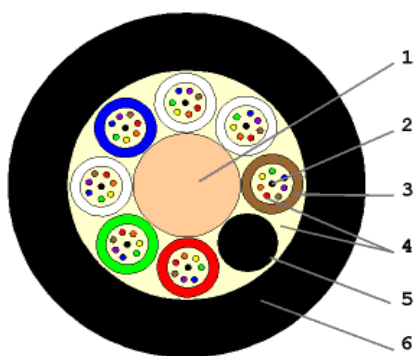


Рис.9.4. ВОК для пневмопрокладки

1. Центральный силовой элемент:
2. Оптическое волокно (от 2-х до 12-ти в каждом модуле)
3. Оптический модуль (от 1-го до 12-ти)
4. Гидрофобный наполнитель
5. Кордель



Рис.9.5. Инжектор ПСИ-1 для задувки кабеля.

### **Прокладка ВОК в кабельную канализацию.**

Этот способ (рис.9.6) применяется, как правило, в населенных пунктах. Его реализация осуществляется либо прокладкой бронированного кабеля непосредственно в асбоцементный канал кабельной канализации (КК), либо сначала затаскивают в канал полиэтиленовую трубу, а затем в неё ВОК более простой конструкции и, соответственно, более дешевой.

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



Рис.9.6. Кабельная канализация.

прокладываемых в земле, преимущественно в пешеходной части улиц, на глубине от 0,4 до 1,8 м.

При прокладке оптического кабеля в кабельную канализацию

наиболее широко используется метод затягивания кабеля с помощью лебёдки, снабжённой устройством ограничения тягового усилия.

При этом не должны превышать 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  $-10^{\circ}\text{C}$ ), 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



Рис.9.7. Машина в действии.

места, является горизонтально (вертикально) направленное бурение. Оно организуется посредством специальных машин и механизмов, отвечающих конкретным условиям прокладки кабеля (рис.9.7).

Примерная схема одного из вариантов приведена на рис.9.8.

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.



Рис.9.8. Схема организации перехода через автодорогу

### **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 электрифицированных железных дорог (ЭЖД);
- опоры воздушных линий связи (если они в нормальном состоянии).

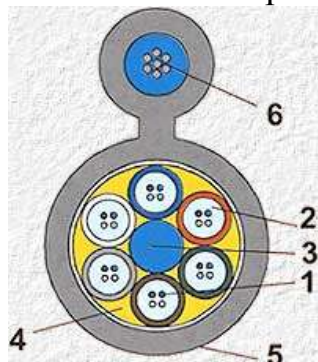
Реализация подобного типа ВОЛС может быть выполнена разнообразными способами, которые имеют свои достоинства и недостатки.

### **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.9.9). Технология подвески ВОК типа “восьмерки” приведена на рис. 9.10.

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



1. Оптическое волокно.
- 2, 4 Гидрофобные наполнители
3. Центральный силовой элемент – стеклопластиковый прут
5. Внешняя оболочки.
6. Внешний силовой элемент.



Рис. 9.9. Конструкция ВОК типа 8-ки.

Рис. 9.10. Подвеска ВОК.

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.



Рис. 9.11. Конструкция и внешний вид ВОК в грозотросе.

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.9.11.). 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.

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 там, где длина пролетов невелика. Контактные сети ЭЖД ( $L_{\text{прол.}} \approx 70$  м), распределительные сети ЛЭП ( $L_{\text{прол.}} = 50 \div 70$  м.), опоры ВЛС ( $L_{\text{прол.}} = 50 \div 70$  м.).

Этот фактор обусловлен тем обстоятельством, что при увеличении длины пролета требуется увеличение механических характеристик ВОК, что неизбежно ведёт к увеличению количества армирующих элементов в конструкции сердечника и,



Рис.9.12. Основные типы самонесущих ВОК



Рис.9.14. Монтаж и элементы крепления ВОК.

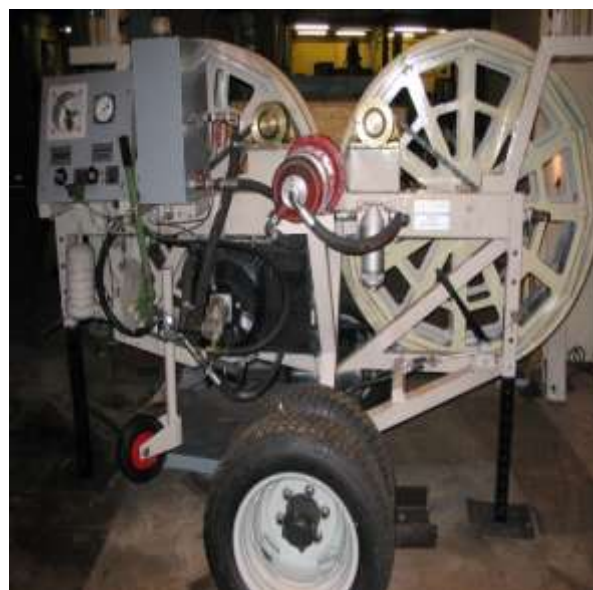


Рис.9.13. Натяжная и тормозная машина для самонесущего ВОК.



соответственно, веса ВОК, что, в свою

очередь, увеличивает вес кабеля в пролёте и вызывает дальнейшую необходимость роста механических параметров ВОК (рис.9.12, рис.9.13, рис.9.14).

### **Навивная технология строительства ВОЛС.**

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

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 промышленных 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. 9.15. Особое требование – высокая трекинг-эрозийная стойкость внешней влагозащитной оболочки, поскольку кабель, как правило, висит в мощном электрическом поле.



Рис.9.15. Навивные волоконно-оптические кабели - ДПО, ДВО.



Реализация навивной технологии осуществляется с применением специальной навивочной машины, которая и осуществляет накрутку легкого, полностью диэлектрического ВОК на несущий трос (рис.9.16).

Рис.9.16. Реализация навивочных машин.



водило кабеля



навивочная машина с базовым барабаном



навивочная машина с длиной кабеля, равной длине пролета

## Литература.

### **Основная литература:**

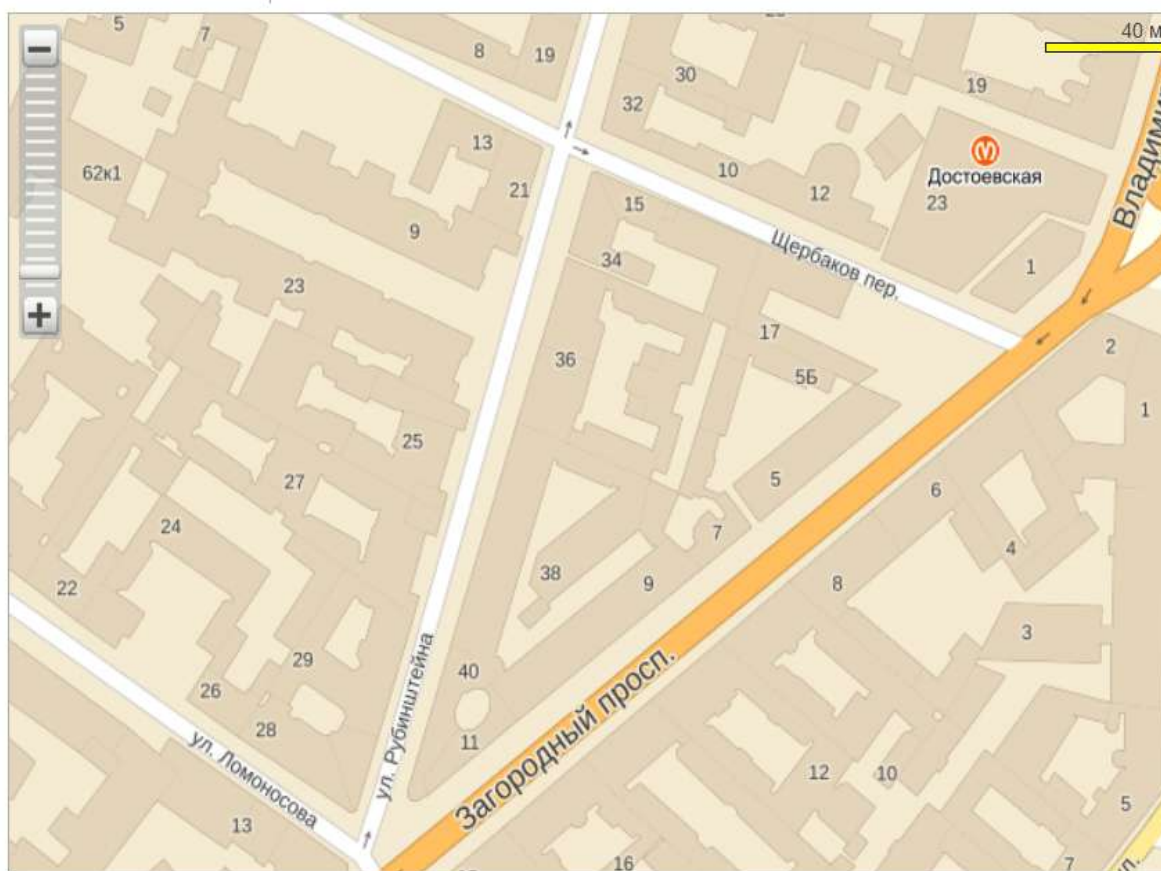
1. Современные технологии проектирования, строительства и эксплуатации направляющих систем электросвязи. Учебное пособие для вузов. Б.К.Никитин, Л.Н. Кочановский, СПб ГУТ, 2011 г.
2. Передаточные характеристики оптических волокон. Учебное пособие для вузов. С.Ф. Глаголев, В.С. Иванов, Л.Н. Кочановский СПб ГУТ, 2005 г.
3. Оптимизация линий связи первичных сетей. Учебное пособие для вузов. С.Ф.Глаголев, Б.К.Никитин СПб ГУТ, 2005 г.
4. Конструкция, прокладка, соединение и защита оптических кабелей связи //Рекомендации МСЭ-Т, Женева, 1994 г.
5. Основы проектирования сооружений связи. А.И. Овсянников, В.А. Колесников, М.К. Цибулин. М. Радио и связь, 1991 г.
6. Иванов А.Б. Волоконная оптика: Компоненты, системы передачи, измерения. - М.: Компания Сайрус Системс, 1999. <http://softtutograf.com/node/4707>
7. Петренко И. И., Убайдуллаев Р. Р. Пассивные оптические сети PON. Часть 1. Архитектура и стандарты // Lightwave Russian Edition. М. 2004.
8. Слепов Н.Н. Современные технологии цифровых оптоволоконных сетей связи. – М.: Радио и связь, 2000.- 468 с.
9. Б.Д. Носков. Строительство волоконно-оптических линий с прокладкой кабелей в пластмассовых трубопроводах. Автоматика, телемеханика и связь, 1997. <http://scbist.com/stati-po-scb/1823-statya-prokladka-volokonno-opticheskikh-kabelei-v-plastmassovyh-truboprovodah.html>
10. Виктор Каток, Алексей Ковтун, Игорь Руденко - Волокно на весу 2. <http://citforum.ru/nets/hard/fiber4/>
- 11.Слепов Н. Особенности современной технологии WDM // Электроника: НТВ. 2004. № 6. С. 68-76.
- 12.ITU-T G.694.2. Spectral grids for WDM applications: CWDM wavelength grid (6.02). <http://www.qtech.ru/themes/article/5.htm>
- 13.Hinderthur H., Friedric L. WDM hybrid transmission based on CWDM plus DWDM // Lightwave Europe. July 2003. P. 9-12.
- 14.ITU-T G.692. Optical interfaces for multi-channel systems with optical amplifiers (10.98, Corr. 1,2-6.02).
- 15.Bautista J., Shine B. Untangling the wavelength Web: Separating DWDM Channels with Interleaves // Photonics Spectra. February 2001. P. 90-92.
- 16.Слепов Н.Н. Современные технологии цифровых оптоволоконных сетей связи. 2-е испр. изд. - М.: Радио и связь, 2003.
- 17.Borella A., Cancelleri G., Chiaraluce F. Wavelength Division Multiple Access Optical Networks. - Artech House. Boston-London. 1998.
- 18.CWDM Technology and Applications. White Paper WP011, CIENA Corporation, 2004, p. 1-9.
- 19.Слепов Н. Особенности, проблемы и перспективы разреженных систем WDM (CWDM) // Электроника: НТВ. 2004. № 7. С. 56-59.
- 20.Наталья Веденеева Как "Северо-Западный Телеком" PON строит. 25.11.2009 <http://www.nag.ru/news/tag/2466/>



## ПРИЛОЖЕНИЕ 1 – варианты заданий

Варианты 00, 31, 93

Микрорайон - Загородный пр. Щербаков пер. ул. Рубинштейна.



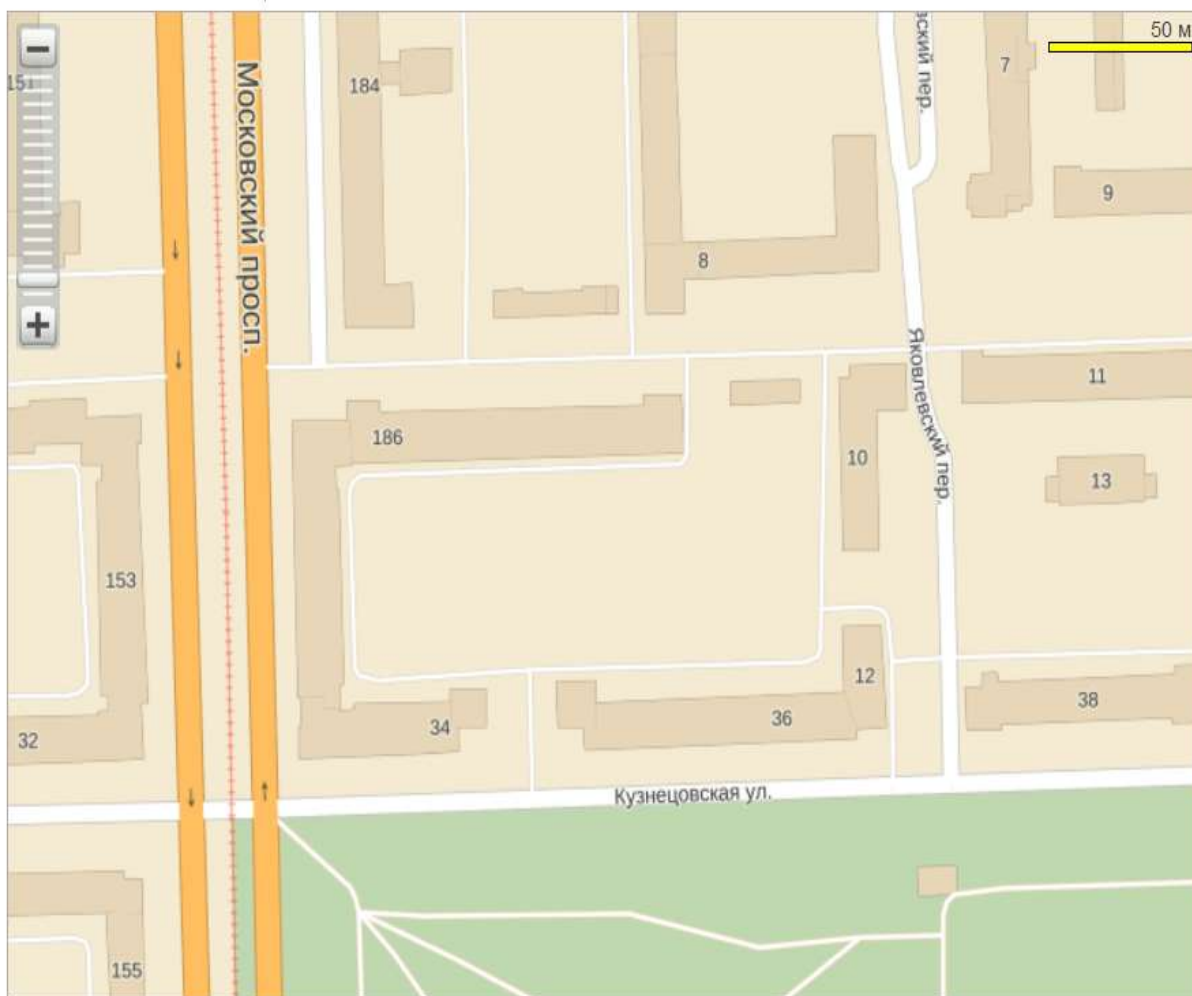
### Загородный проспект

Технология сети – ФТТВ. Головная станция устанавливается в доме №17 и обслуживает дома 15, 17, 34, 36.

Для более полного представления об этажности домов, примерной оценки количества абонентов (количество квартир) нужно воспользоваться Яндекс – карты выделить этот микрорайон и посмотреть панорамный вид домов (кнопка на карте – панорама).

Варианты 01, 32, 92

Микрорайон - Московский пр. Кузнецовская ул. Яковлевский пер. дома 10,12, 36, 34, 186.



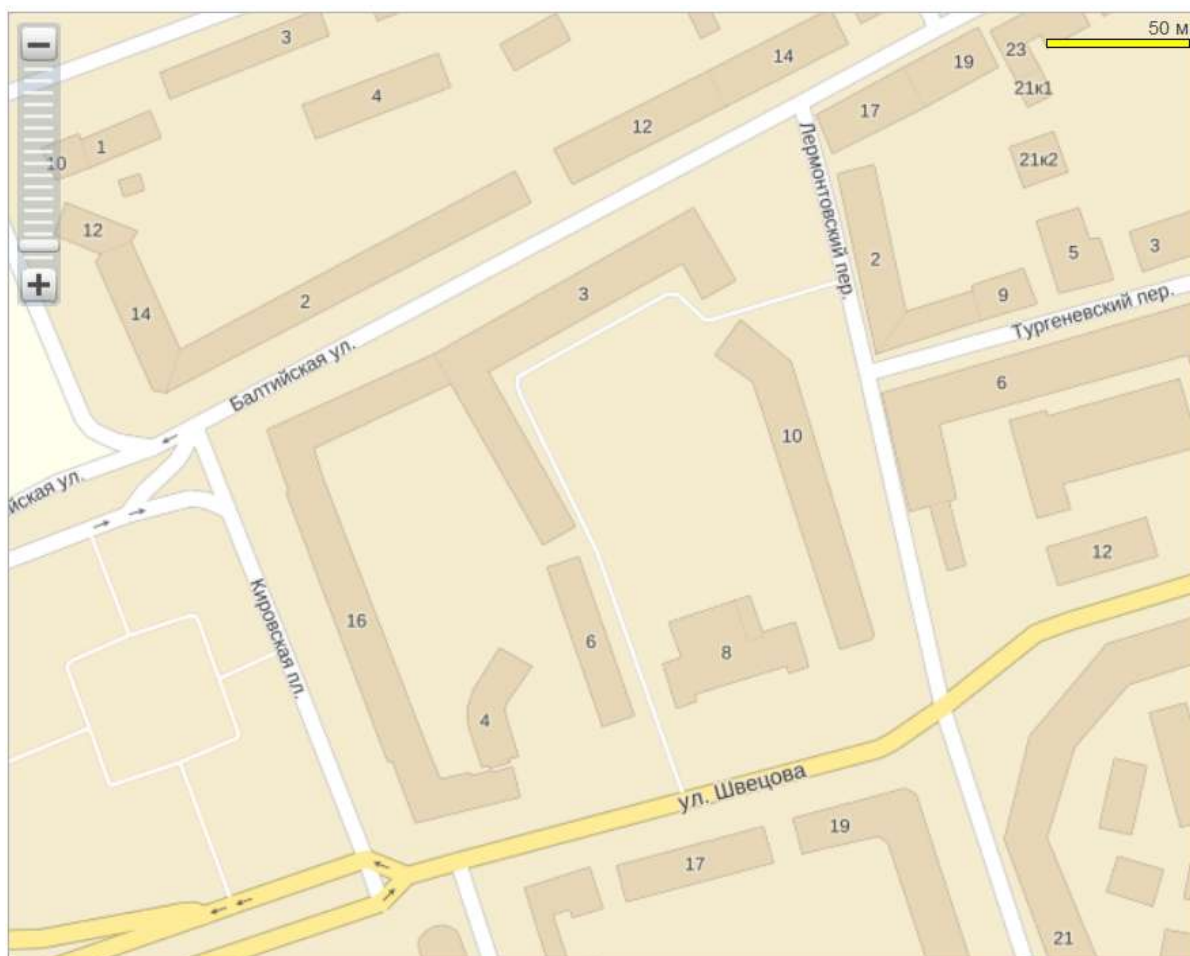
Московский проспект

Технология сети – FTTH. Головная станция устанавливается в доме №10 и обслуживает дома 10, 12, 34, 36.

Для более полного представления об этажности домов, примерной оценки количества абонентов (количество квартир) нужно воспользоваться Яндекс – карты выделить этот микрорайон и посмотреть панорамный вид домов (кнопка на карте – панорама).

Варианты 02, 33, 91

Микрорайон - ул. Швецова, Лермонтовский пер., Балтийская ул., Кировская пл. дома 3, 4, 6, 8, 10, 16.

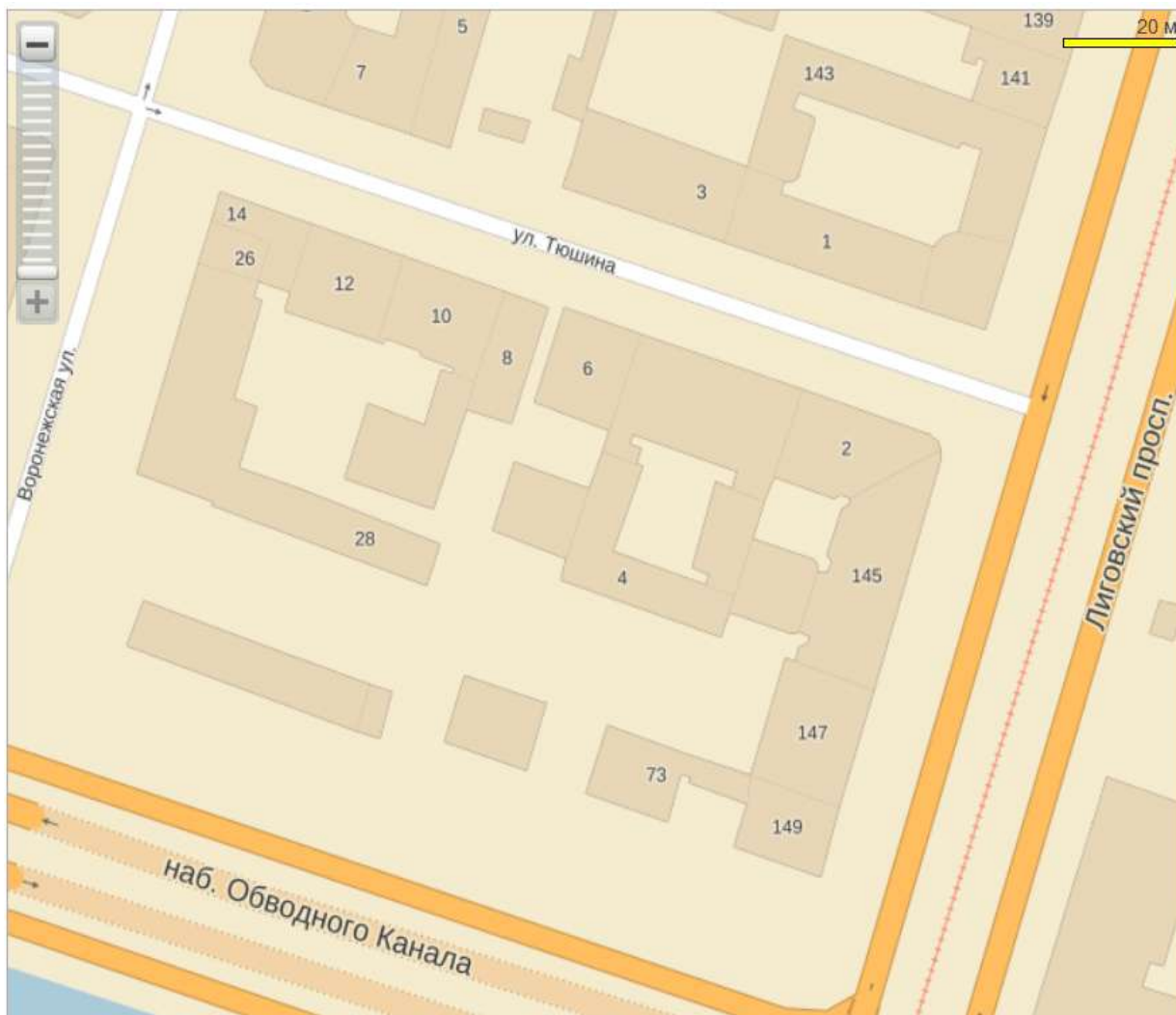


Технология сети – PON. Головная станция устанавливается в доме №8 и обслуживает дома №, № 3, 4, 10, 16.

Для более полного представления об этажности домов, примерной оценки количества абонентов (количество квартир) нужно воспользоваться Яндекс – карты выделить этот микрорайон и посмотреть панорамный вид домов (кнопка на карте – панорама).

Варианты 03, 34, 90

Микрорайон - ул. Тюшина, Лиговский пр., Воронежская ул., наб. Обводного канала дома 2, 4, 6, 145,147,149,73.

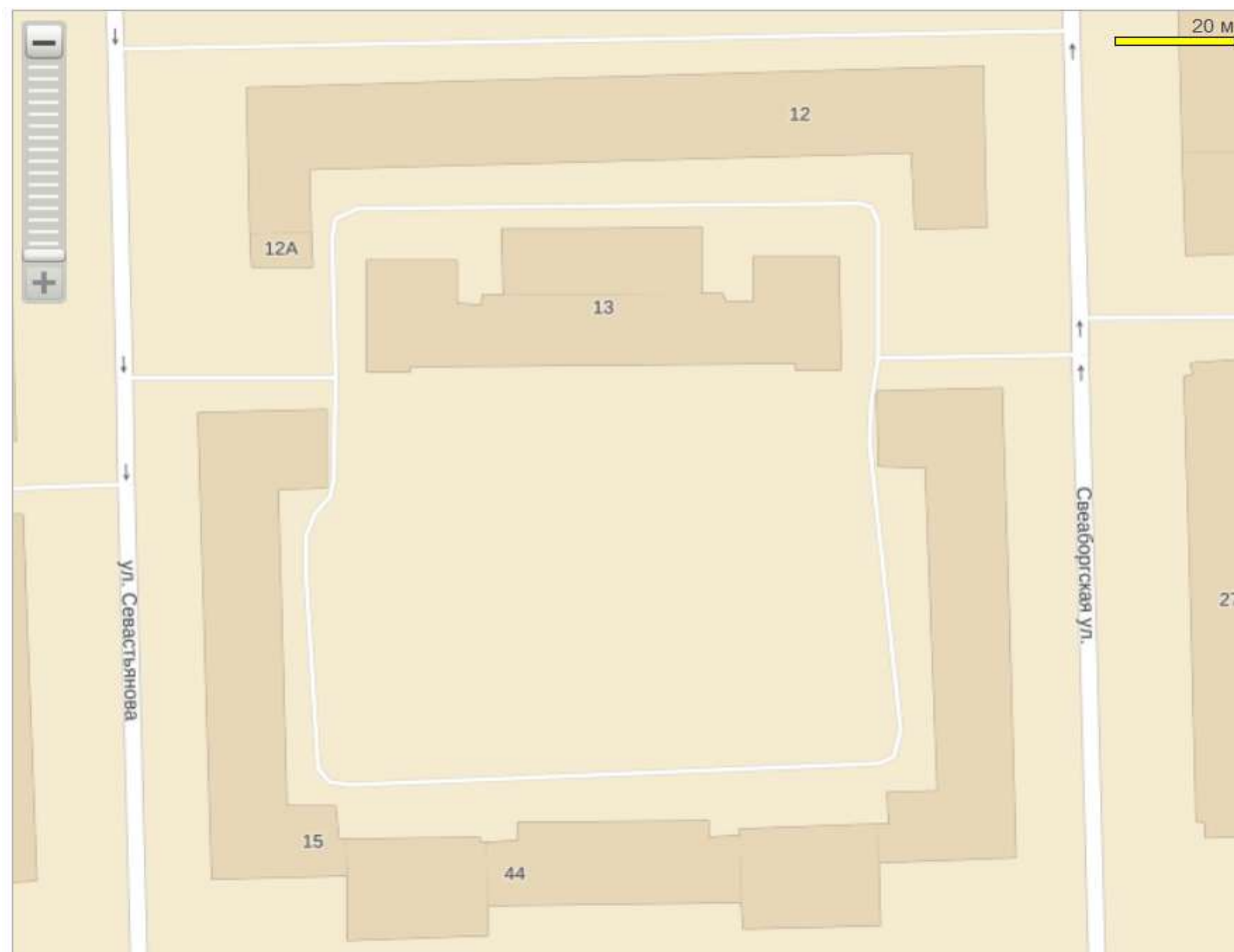


Технология сети – ФТТВ. Головная станция устанавливается в доме №4 и обслуживает все остальные дома.

Для более полного представления об этажности домов, примерной оценки количества абонентов (количество квартир) нужно воспользоваться Яндекс – карты выделить этот микрорайон и посмотреть панорамный вид домов (кнопка на карте – панорама).

Варианты 04, 35, 89

Микрорайон - ул.Севастьянова, Кузнецовская ул., Свеаборгская ул. дома 12, 12а, 13, 15, 44.



Технология сети – PON. Головная станция устанавливается в доме №13 и обслуживает все дома.

Для более полного представления об этажности домов, примерной оценки количества абонентов (количество квартир) нужно воспользоваться Яндекс – карты выделить этот микрорайон и посмотреть панорамный вид домов (кнопка на карте – панорама).

Варианты 05, 36, 88

Микрорайон - ул. Пограничника Гарькавого, 2-я Комсомольская ул., дома 39, 40 к.1, 41, 43, 44.

Технология сети – FTTH. Головная станция устанавливается на чердаке дома №41 и обслуживает все дома.

Для более полного представления об этажности домов, примерной оценки количества абонентов (количество квартир) нужно воспользоваться Яндекс – карты выделить этот микрорайон и посмотреть панорамный вид домов (кнопка на карте – панорама).

Варианты 07, 38, 86

Микрорайон - Демонстрационный пр. Авиационная ул., ул. Ленсовета, ул. Гастелло дома 11,13, 15, 17, 19.



Технология сети – ФТТН. Головная станция устанавливается в доме №13 по Демонстрационному пр. и обслуживает дома 11, 13, 15 (по Авиационной ул.), 17, 19. Дом 15 по ул. Гастелло – это церковь.

Для более полного представления об этажности домов, примерной оценки количества абонентов (количество квартир) нужно воспользоваться Яндекс – карты выделить этот микрорайон и посмотреть панорамный вид домов (кнопка на карте – панорама).

Варианты 08, 39, 85

Микрорайон - ул.Блохина, Мытищенский пер., Зверинская ул., Кронверский пр.  
пр. дома 1, 3, 1, 5, 39, 73, 75.



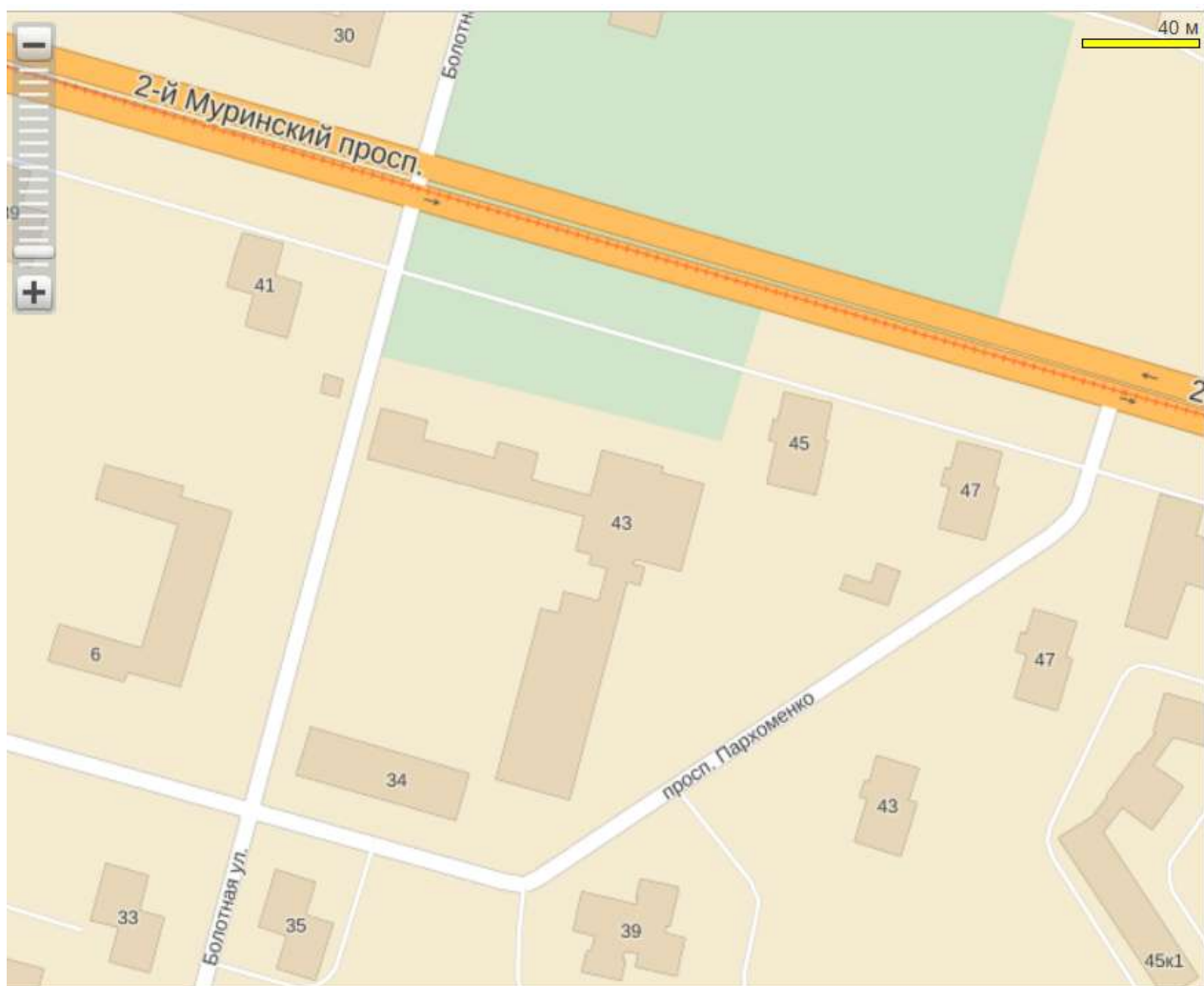
Технология сети – PON. Головная станция устанавливается в доме №3 по ул. Блохина и обслуживает все дома.

Для более полного представления об этажности домов, примерной оценки количества абонентов (количество квартир) нужно воспользоваться Яндекс – карты выделить этот микрорайон и посмотреть панорамный вид домов (кнопка на карте – панорама).



Варианты 09, 40, 84

Микрорайон - Болотная ул., 2-ой Муринский пр., пр. Пархоменко дома 34, 43, 45, 47.

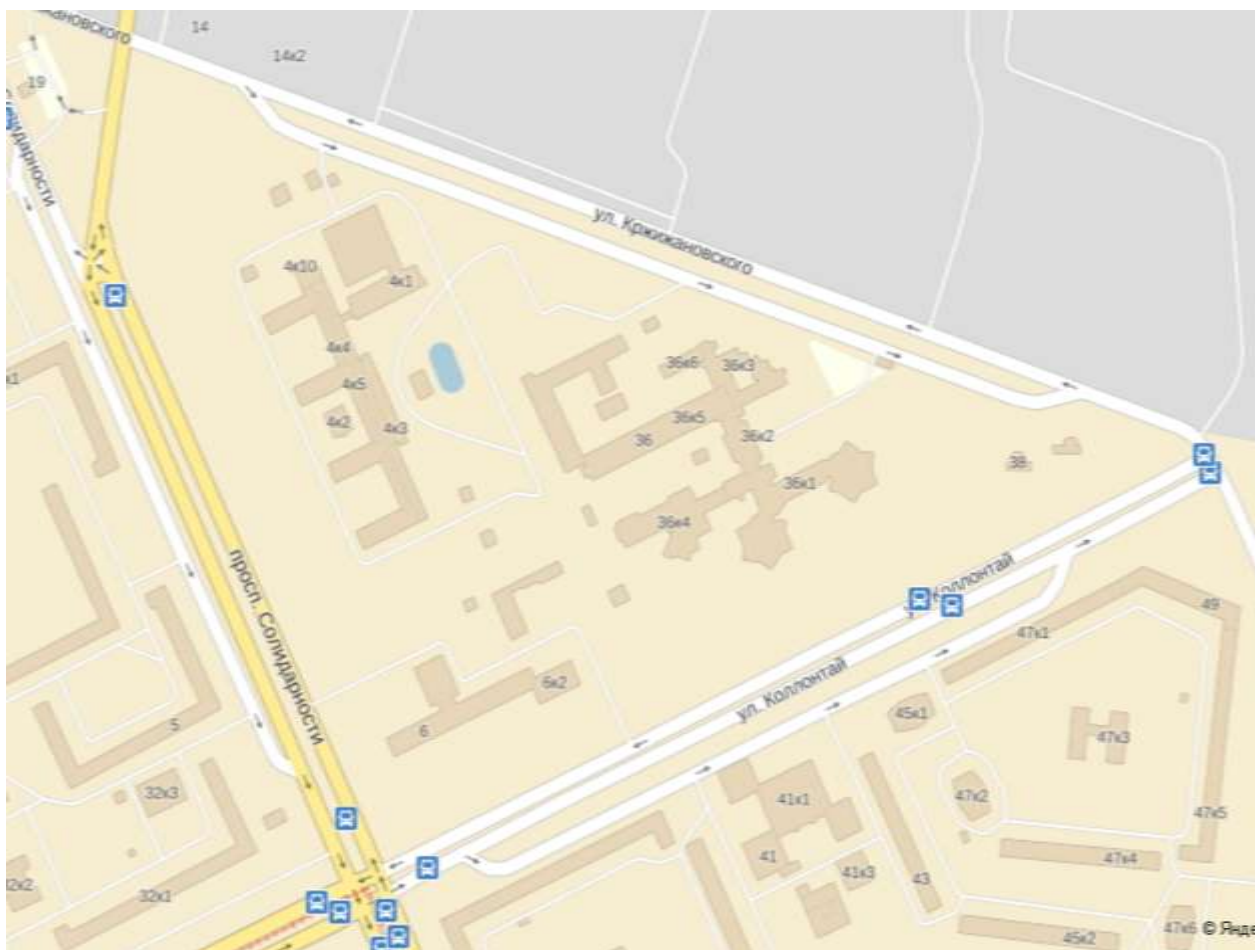


Технология сети – ФТТВ. Головная станция устанавливается в доме №34 и обслуживает все остальные дома.

Для более полного представления об этажности домов, примерной оценки количества абонентов (количество квартир) нужно воспользоваться Яндекс – карты выделить этот микрорайон и посмотреть панорамный вид домов (кнопка на карте – панорама).

Варианты 10, 41, 83

Микрорайон - ул. Кржижановского, ул. Колонтай, пр. Солидарности дома 6 к.1, 2, 4 к.к. 1 – 10, 36 к.к. 1 – 6.



Технология сети – FTTC. Головная станция устанавливается в доме №6 к.1 в группах домов 4 к.к. 1 – 10 и 36 к.к. 1 – 6 определяется место установки оптического узла (ОУ) и далее разводка осуществляется коаксиальным кабелем.

Для более полного представления об этажности домов, примерной оценки количества абонентов (количество квартир) нужно воспользоваться Яндекс – карты выделить этот микрорайон и посмотреть панорамный вид домов (кнопка на карте – панорама).

Варианты 11, 42, 82

Микрорайон - ш. Революции, Среднеохтинский пр., Большоохтинский пр., Синявинская ул. дома 2, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 39, 41, 48, 50, 52.

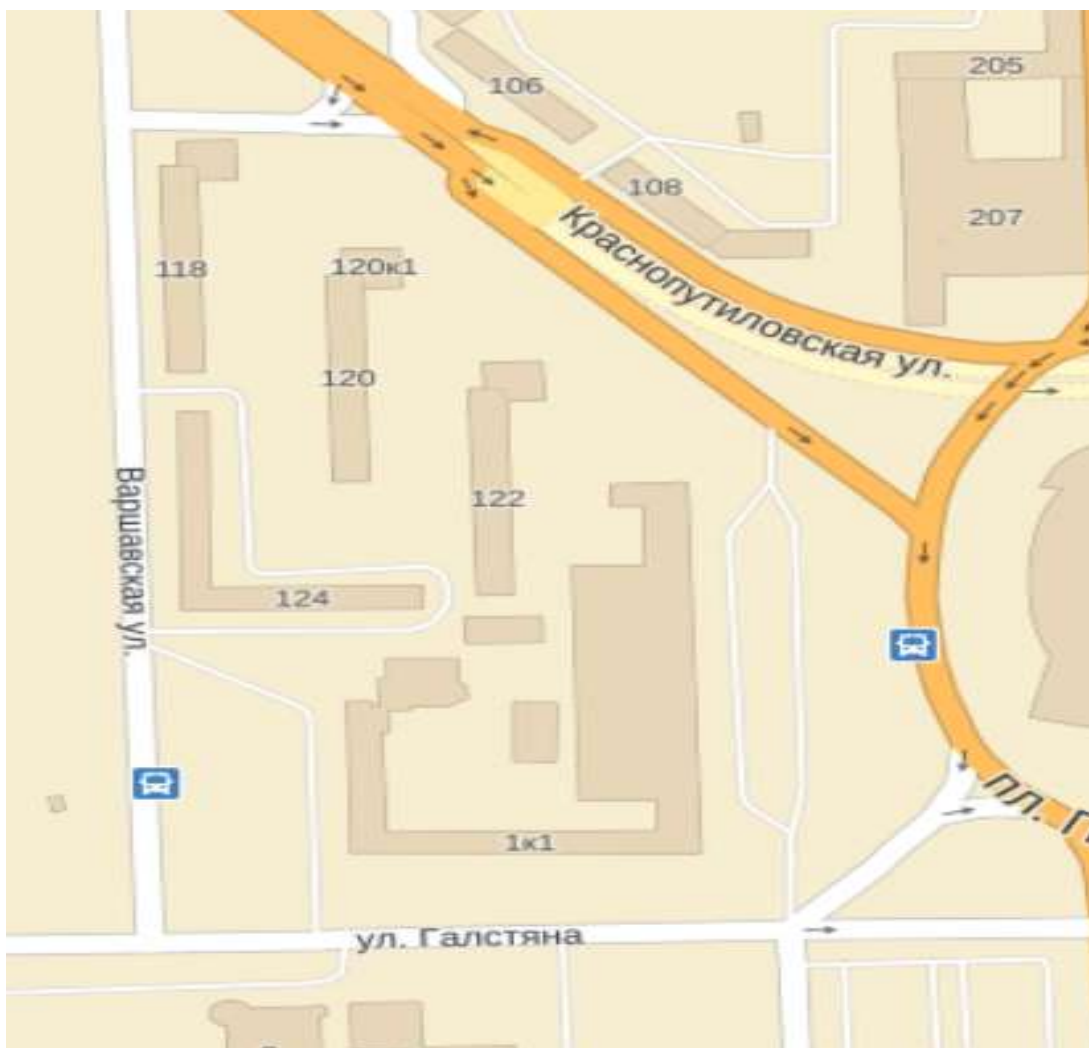


Технология сети – FTTB. Головная станция устанавливается в доме №6 по Синявинской ул. и обслуживает все остальные дома.

Для более полного представления об этажности домов, примерной оценки количества абонентов (количество квартир) нужно воспользоваться Яндекс – карты выделить этот микрорайон и посмотреть панорамный вид домов (кнопка на карте – панорама).

Варианты 12, 43, 81

Микрорайон - Варшавская ул., ул. Галстяна, Краснопутиловская ул. дома 118, 120, 120к.1, 122, 124, 1к.1.



Технология сети – FTTH. Головная станция устанавливается в подсобном помещении отеля Park-Inn Пулковская и обслуживает все остальные жилые дома.

Для более полного представления об этажности домов, примерной оценки количества абонентов (количество квартир) нужно воспользоваться Яндекс – карты выделить этот микрорайон и посмотреть панорамный вид домов (кнопка на карте – панорама).



Варианты 14, 45, 79

Микрорайон - Ольховая ул., пр.Королева, ул.Маршала Новикова дома 2, 4, 6, 10, 29 все корпуса, 31 все корпуса.

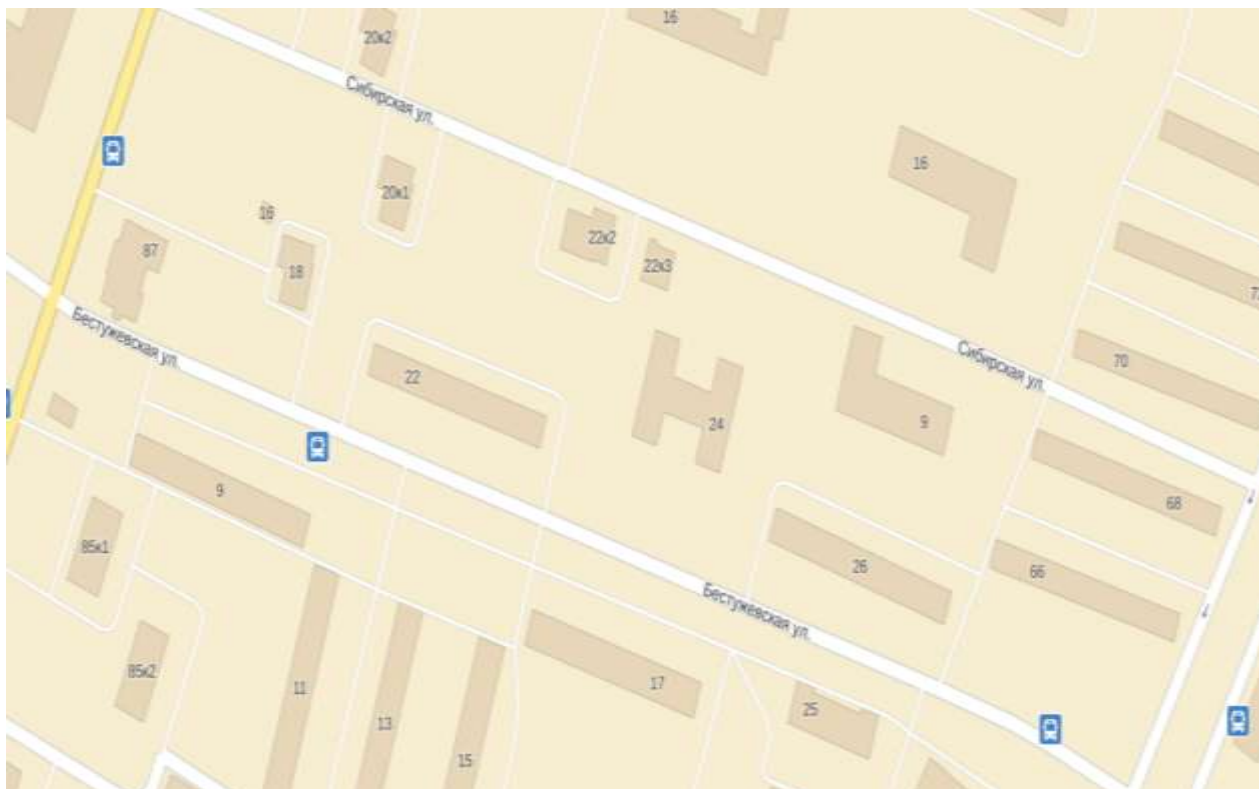


Технология сети – FTTB. Головная станция устанавливается в доме №2 – свободные помещения детской поликлиники, по ул. Ольховая и обслуживает все остальные дома.

Для более полного представления об этажности домов, примерной оценки количества абонентов (количество квартир) нужно воспользоваться Яндекс – карты выделить этот микрорайон и посмотреть панорамный вид домов (кнопка на карте – панорама).

Варианты 15, 46, 78

Микрорайон - Сибирская ул., ул.Замшина, Бестужевская ул.  
Кондратьевский пр.дома 20 к.1, 23 к.2, 3, 16, 18, 22, 24, 26, 66, 68, 87.



Технология сети – FTTH. Головная станция устанавливается в свободном помещении д.24 и обслуживает все остальные жилые дома.

Для более полного представления об этажности домов, примерной оценки количества абонентов (количество квартир) нужно воспользоваться Яндекс – карты выделить этот микрорайон и посмотреть панорамный вид домов (кнопка на карте – панорама).

Варианты 16, 47, 77

Микрорайон - пр. Энгельса, Ярославский пр., Забайкальская ул.,  
Скобелевский пр. дома 1, 70, 72, 74 к.1, 2А, 76 к.2, 55.



Технология сети – PON. Головная станция устанавливается в доме №72 по пр. Энгельса и обслуживает все дома.

Для более полного представления об этажности домов, примерной оценки количества абонентов (количество квартир) нужно воспользоваться Яндекс – карты выделить этот микрорайон и посмотреть панорамный вид домов (кнопка на карте – панорама).



## Приложение 2. Компоненты кабельной системы HFC, FTTx, PON.

### 2.1. 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.П.2.1, П.2.2). 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. П.2.1. 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
$\alpha$ 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 радиозащиты, дБ	80-90	135	130	120	
Мин. радиус изгиба, мм	50-70	50-70	102	127	178
					

Табл. П.2.2. SMATV кабели CommScope.

	F113	SAT703	SAT700	Koka 799	RG-6	RG-11
	F113 78BV F113 50TSE F113 50TSV	SAT7032 H 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	Омедненная 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 <sub>2</sub> / Al <sub>2</sub> 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 / PVC 6,60 / 6,91 / 6,91	LSZH / PVC / PVC 6,60 / 6,60 / 7,60		PVC 6,60	PVC 6,8	PVC 6,8/6,91
Волн. сопротивление, Ом	75 ± 3				75 ± 2	
$\alpha$ , дБ/100 м:						
f = 5 МГц	1,4	1,4	4,3	1,6	-	-
f = 50 МГц	4,0	4,4	8,0	4,4	-	-
f = 200 МГц	8,2	8,8	12,7	8,2	9,5/-	6,3/-/6,3/-
f = 400 МГц	11,8	-	-	12,1	-/13,3	-/8,9/-/8,9
f = 800 МГц	17,0	-	-	18,0	23,2/-	13,5/-

f = 1000 МГц	19,0	19,3	22,6	20,5	-	-/14,8/--
f = 1750 МГц	25,5	25,4	26,1	-	-	-
f = 2400 МГц	30,1	29,7	-	33,4	-	-/21,6/-
f = 3000 МГц	33,8	33,1	-	-	-	-
Коэффициент РЭЗ: 30-1000 МГц, дБ 1000-2400 МГц, дБ	>90 / >100 / ≥100 / >90 / ≥90	> 75		> 75 > 65	- / > 85 - / > 85	- / > 85 / - / > 85 - / > 85 / - / > 85
Конструкции						

## 2.2. 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 (Twisted Pair cable, 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 (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 IBM Data Connector.

Кабель STP обычно используют в сетях Token Ring, UTP- в сетях Ethernet (10BaseT и 100BaseT) и изредка в сетях Token Ring.

**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 П.2.3. Категории определяются стандартом EIA/TIA 586A. в последней графе приводится классификация линий связи, обеспечиваемых этими кабелями, по стандарту ISO 11801 и EN 50173.

Таблица П.2.3. 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 Fast Ethernet и TPFDDI. Кабель категории 5 примерно на 30-50% дороже, чем кабель категории 3.

- Кабель категории 5e 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 5e должно составлять  $100 \text{ Ом} \pm 15\%$  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 П.2.4 приведены предельные значения величины затухания для кабелей категорий 4, 5, 5e для расстояния 1000 футов (305 метров) при нормальной температуре окружающей среды 20°C.

Таблица П.2.4. Максимальное затухание в кабелях.

Частота, МГц	Максимальное затухание, дБ/305м		
	Категория 5e	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 – Near End Cross talk). Он характеризует влияние разных проводов в кабеле друг на друга. В таблице П.2.5 представлены значения допустимой перекрестной наводки на ближнем конце для кабелей категорий 4, 5 и 5e на различных частотах сигнала. Естественно, более качественные кабели обеспечивают меньшую величину перекрестной наводки.

Таблица П.2.5. Допустимые уровни перекрестных наводок

Частота, МГц	Перекрестная наводка на ближнем конце, дБ		
	Категория 5e	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°C.

Для присоединения витых пар используются разъемы (коннекторы) типа RJ-45 (см. рис.П.2.1), 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 П.2.1. 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 Fast Ethernet определяет три среды передачи: 100Base-T4, 100Base-TX и 100Base-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.П.2.2).



Рис. П.2.2.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)

### 2.3. Волоконно-оптические кабели.

В настоящее время при строительстве сетей применяется несколько типов оптических волокон, характеристики которых регламентированы рекомендациями ИТУ-Т (табл.П.2.6).

Таблица П.2.6. Типы оптических волокон.

Класс (тип) оптических волокон	Рекомендация ИТУ-Т
Многомодовое 50/125 мкм с градиентным профилем показателя преломления	G.651
Стандартное одномодовое	G.652
Одномодовое со смещенной дисперсией	G.653
Одномодовое со смещенной длиной волны отсечки	G.654
Одномодовое с ненулевой смещенной дисперсией	G.655
Одномодовое с ненулевой дисперсией для широкополосной оптической передачи	G.656
Одномодовое с уменьшенными потерями на изгибах с малыми радиусами	G.657

#### 2.3.1. Конструкции оптического кабеля.

При строительстве сетей типа HFC, FTTx, PON используют оптические кабели, прокладываемые на различных участках (табл.П.2.7), 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 П.2.7. Требования к волоконно-оптическим кабелям.

<b>Условия прокладки</b>	<b>Основные воздействующие факторы</b>	<b>Конструктивные методы защиты</b>
<b>Непосредственно в грунт</b>	Атаки грызунов, растягивающие усилия, случайные удары, проникновение влаги, раздавливающие усилия, скручивание.	Броня, продольные силовые элементы, влагозащитный барьер, гидрофобный наполнитель, конструкция сердечника, наружная оболочка.
<b>В кабельной канализации</b>	Атаки грызунов, растягивающие усилия, проникновение влаги, скручивание.	Броня, прокладка в защитных трубах, продольные силовые элементы, влагозащитный барьер, гидрофобный наполнитель, оболочка.
<b>Подвеска на опорах</b>	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-эрозионно стойкая оболочка.
<b>Кабельные вводы в дом</b>	Изгибы, растягивающие усилия, проникновение влаги, скручивание, возгорание.	Продольные силовые элементы, влагозащитный барьер, гидрофобный наполнитель, наружная оболочка LSZH или PVS.
<b>Внутри помещений</b>	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 П.2.7. 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.П.2.8.

Таблица П.2.8. Марки ВОК.

№	<b>ВОК для непосредственной прокладки в грунт</b>	
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 силовой элемент 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
<b>Марка ДПО, ДПЛ в кабельную канализацию</b>		
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
<b>Подвесной ВОК типа 8-ки</b>		
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 от 2-24	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	<i>Вынесенный силовой элемент: диэлектрический (ДПИ) стальной (ДПВ)</i>
<b>Самонесущие ВОК</b>		
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. Саранскабель-Оптика.
25	ДПМ от 2 до 16	Для подвески на опорах линий электропередачи, контактной сети железных дорог, воздушных линий связи. <i>Повив из несущих силовых элементов из диэлектрических стержней. Оптен</i>
26	ДПТ от 2 до 16	Для подвески на опорах линий электропередачи, контактной сети железных дорог, воздушных линий связи. <i>Повив из силовых элементов из высокомо-дульных прядегй. Оптен</i>
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 П.2.9 приведено соответствие основных типов оптических кабелей у различных производителей.

Табл.П.2.9. 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
Самарская Оптическая Кабельная Компания	ОКЛ	ОКЛСт	ОКЛК	ОКЛЖ	-
Саранскабель-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

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

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

*Пример:*

**СКО ДПС 020А/004Н 06 А08х2/04х1/Н04х1 Э2 15\_.....**

<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>
----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------

**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, МD);
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 – многомодовое градиентное с диаметром сердцевины 50 мкм

МВ – многомодовое градиентное с диаметром сердцевины 62,5 мкм

MD – многомодовое градиентное 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).

## 2.4. Магистральные разветвители TV сигналов серии ОМТ («Омар») и РМТ («Спинакер») (табл. П.2.10).

Таблица П.2.10. Одноотводные направленные ответвители без тока транзита.

Тип ответвителя	ОМТ-108		ОМТ-110		ОМТ-113		ОМТ-115		ОМТ-120	
	5-50	50-862	5-50	50-862	5-50	50-862	5-50	50-862	5-50	50-862
Частотный диапазон, МГц	5-50	50-862	5-50	50-862	5-50	50-862	5-50	50-862	5-50	50-862
$A_{пер}, дБ$	≤ 8		≤ 10		≤ 13		≤ 15		≤ 20	
$A_{пр}, дБ$	2,0	≤ 2,2	≤ 1,4	1,8	1,2	1,6	1,2	1,5	1,2	1,4
Неравномерность АЧХ, дБ: вход-выход вход-отвод	± 0,2	≤ ± 0,4	≤ ± 0,2	≤ ± 0,4	≤ ± 0,2	≤ ± 0,4	≤ ± 0,2	≤ ± 0,4	≤ ± 0,2	≤ ± 0,4
	≤ ± 0,2	≤ ± 0,4	≤ ± 0,2	≤ ± 0,4	≤ ± 0,2	≤ ± 0,4	≤ ± 0,2	≤ ± 0,4	≤ ± 0,2	≤ ± 0,4



Используются для построения магистральной сети от оптического преобразователя до распределительного узла. Позволяют построить магистральную сеть с требуемым распределением по уровням сигналов на домашних усилителях.

Рис.П.2.3. Внешний вид разветвителя

Таблица П.2.11. Одноотводные направленные ответвители с током транзита на проход.

Тип	ОМТ-108 П		ОМТ-110 П		ОМТ-113 П		ОМТ-115 П		ОМТ-120 П	
	5-50	50-862	5-50	50-862	5-50	50-862	5-50	50-862	5-50	50-862
Диапазон, МГц	5-50	50-862	5-50	50-862	5-50	50-862	5-50	50-862	5-50	50-862
$A_{пер}, дБ$	≤ 8		≤ 10		≤ 13		≤ 15		≤ 20	
$A_{пр}, дБ$	2,0	≤ 3,0	≤ 1,5	2,2	≤ 1,2	≤ 2,0	1,2	≤ 2,0	≤ 1,2	≤ 2,0

Нерав.АЧХ дБ:										
вход-выход	$\pm 0,2$	$\pm 0,75$	$\leq \pm 0,2$	$\leq \pm 0,75$	$\pm 0,2$	$\pm 0,6$	$\pm 0,2$	$\pm 0,6$	$\pm 0,2$	$\pm 0,6$
вход-отвод	$\pm 0,2$	$\pm 0,4$	$\pm 0,2$	$\pm 0,75$	$\pm 0,2$	$\pm 0,4$	$\pm 0,2$	$\pm 0,4$	$\pm 0,2$	$\pm 0,4$

Таблица П.2.12. **Одноотводные направленные ответвители с током транзита на проход и отвод.**

Тип	ОМТ-108 П2		ОМТ-110 П2		ОМТ-113 П2		ОМТ-115 П2		ОМТ-120 П2	
	5-50	50-862	5-50	50-862	5-50	50-862	5-50	50-862	5-50	50-862
$A_{пер}, дБ$	$\leq 8$		$\leq 10$		$\leq 13$		$\leq 15$		$\leq 20$	
$A_{пр}, дБ$	$\leq 2,6$	$\leq 3,0$	$\leq 2,5$	$\leq 2,8$	$\leq 2,0$	$\leq 2,5$	$\leq 2,0$	$\leq 2,5$	$\leq 2,0$	$\leq 2,2$
Нерав.АЧХ, дБ:										
вход-выход	$\leq 0,2$	$\leq 0,75$	$\leq 0,2$	$\leq 0,75$	$\leq 0,2$	$\leq 0,75$	$\leq 0,2$	$\leq 0,75$	$\leq 0,2$	$\leq 0,75$
вход-отвод	$\leq 0,2$	$\leq 0,6$	$\leq 0,2$	$\leq 0,75$	$\leq 0,2$	$\leq 0,5$	$\leq 0,2$	$\leq 0,6$	$\leq 0,2$	$\leq 0,6$

## 2.5. Абонентские разветвители TV сигналов серий ОАТ и РДТ.

Любая домовая распределительная сеть на конечном участке использует абонентские разветвители телевизионных сигналов.

Компания **“Стандар Телеком”** разработала широкую гамму абонентских разветвителей (табл.П.2.13). Для применения в домовых КСКТП. Это направленные ответвители на 1, 2, 4 и 6 абонентских отводов, а также сплиттеры на 2, 3, 4 и 6 направлений. Все разветвители обладают высокими техническими параметрами и удовлетворяют требованиям CENELEC EN 50083-1, -2, -4 (классы А, В). Все разветвители имеют гальваническую развязку по постоянному току.

Направленные ответвители **серии ОАТ** (семейство **“Медуза”**) и сплиттеры **серии РДТ** (семейство **“Актиния”**) (рис.П.2.4) характеризуются следующими особенностями:

- расширенный частотный диапазон (5-1000 МГц), что позволяет в дальнейшем предоставить абонентам расширенный спектр услуг (например, репитеры мобильной телефонной связи стандарта GSM в диапазоне 890-920 МГц и цифровую связь в диапазоне  $960 \pm 15$  МГц);
- великолепные технические характеристики в расширенном диапазоне 5-1000 МГц. В используемом в настоящее время диапазоне 5-862 МГц большинство параметров еще выше;
- малый технологический разброс параметров при серийном воспроизводстве. Так, например, в допуск  $\pm 0,5$  dB (5-50 МГц) или  $\pm 1,0$  dB (50-1000 МГц) укладываются как все технологические разбросы, так и собственная неравномерность АЧХ;
- высокий коэффициент направленности (параметр важен при большом числе транслируемых каналов) и повышенная развязка между абонентскими отводами (защита от паразитно просачиваемой мощности гетеродина соседнего телевизора и мощного воздействия кабельного модема в интерактивных сетях).
- отличный коэффициент возвратных потерь в полном диапазоне частот, что гарантирует исключение повторов изображений на экранах телевизоров и качественную трансляцию цифровых сигналов любых форматов (требования стандарта DOCSIS).

Малые потери на проход (экономия энергетических ресурсов), малая неравномерность АЧХ по всем направлениям, высокий коэффициент радиоэкранной защиты ( $\geq 100$  dB), малые габариты, удобство монтажа, наличие клеммы заземления и широкий диапазон рабочих температур ( $-30 \dots +60^{\circ}\text{C}$ ) и низкая стоимость выгодно отличают разветвители серий “Медуза” и “Актиния” от своих аналогов.

Таблица П.2.13. Параметры абонентских разветвителей, сплиттеров.

**Ответвители серии РДТ (5-1000 МГц)**

Наименование параметра	Значение параметра			
	РДТ-204	РДТ-306	РДТ-408	РДТ-610
				
Количество направлений	2	3	4	6
А <sub>прох</sub> , дБ: 5 – 50 МГц 50 – 1000 МГц	$\leq 3,8$ $\leq 4,2$	$\leq 5,5$ $\leq 6,6$	$\leq 7,0$ $\leq 8,2$	$\leq 8,8$ $\leq 10,5$
Развязка между выводами, дБ:	$\geq 28$ (32 ... 35 тип.)			

**Ответвители серии ОАТ (5-1000 МГц)**

Наименование параметра	Диапазон частот	Значение параметра					
		ОА Т-108	ОА Т-110	ОА Т-112	ОАТ-116	ОАТ-120	
Переходное ослабление, дБ	5-50 МГц	7,5	7,5	10,6	12,2	15,9	20,4
	50-1000 МГц	7,7	7,7	10,5	12,1	16,5	20,0
Затухание на проход, дБ	5-50 МГц	$\leq 2,5$		$\leq 1,4$	$\leq 1,2$	$\leq 0,7$	$\leq 0,6$
	50-1000 МГц	$\leq 2,8$	$\leq 1,7$	$\leq 1,6$	$\leq 0,8$		$\leq 0,8$



На 2 направления    На 6 направлений  
Рис.П.2.4. Сплиттеры серии РДТ.

## 2.6. Активное оборудование для НФС

### 2.6.1. Магистральные усилители.

Современные магистральные усилители серии WHO-x29 (рис.П.2.5) разработаны для сетей кабельного ТВ, в которых используется передача данных в канале обратной связи. Усилители типа WHO-829 имеют встроенную плавную регулировку и несколько сменных модулей, а в усилителе WHO-929 настройка параметров производится с помощью стандартных вставок JXP и сменных модулей EQI, EQP/EQA, SIO, TAU, FPA определенных номиналов.



Рис.П.2.5. Магистральный усилитель для коаксиального участка сети

#### **WHO-829, -929**

Высокий уровень выходного сигнала 129 дБмкВ и усиление 39 дБ

Простой в настройке с помощью плавной регуляции или стандартных вставок JXP

Активный или пассивный КОС – сменный модуль  
Трехуровневая защита от перенапряжения и короткого замыкания.

Уровень потребляемой мощности - 13,5 Ватт.  
Небольших размеров литой корпус.

### 2.6.2. Домовые усилители.

Усилители серии WMX-x22A (рис.П.2.6) разработаны для операторов кабельных сетей, которые особое внимание обращают на качество передающего вперед канала, простоту обслуживания и экономичность инвестиции в целом. Встроенный усилитель КОС дает возможность увеличения уровня сигнала в КОС уже на этапе домашней сети.

В усилителях WMX-x22A для регулировки параметров RF используется дискретная регулировка с помощью вставок JXP или плавная регулировка.



Рис.П.2.6. Домовой усилитель

#### **WMX-922A**

Высокий выходной уровень 122 дБмкВ

Простая конфигурация

Встроенный активный канал обратной связи

Защита от перенапряжений по линии.

Местное или дистанционное питание.

Компактный, литой AL корпус.

## 2.7. Элементы оптической части сети.

### Разветвители – сплиттеры.

Сплавного типа. Такие конструкции, образующие два конуса (при вводе и выводе), получили название сплавных биконических разветвителей (Fused Biconic Taper, FBT) рис.П.2.7. В них используется эффект туннелирования:

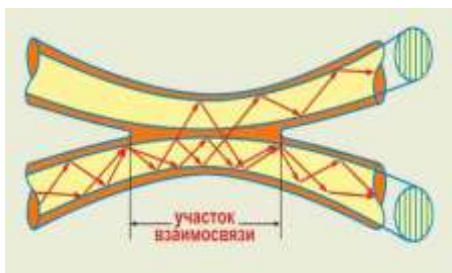


Рис.П.2.7. Сплиттеры сплавного типа.

перетекания части оптической мощности из одного световода в другой через боковую поверхность при их плотном соприкосновении на некотором «участке взаимосвязи» (coupling length).

Эта технология и поныне является популярной, так как разветвители подобного типа позволяют делить мощность основного сигнала в нужной пропорции, 0,2, 0,5, 0,8 и т.д.

Однако они имеют один существенный недостаток – могут работать только на одной длине волны, т.е. однооконные, максимум двухоконные.

### Технические характеристики сплавных разветвителей.

Сравнительная таблица максимальных значений вносимых потерь в зависимости от коэффициента деления (симметричное разделение сигнала) на длине волны 1310 нм приведена в табл. П.2.14 и П.2.15.

Таблица П.2.14. Вносимые потери сплавных сплиттеров.

X	1 × X	2 × X	Отклонение распределения, %
	Вносимые потери (дБ)	Вносимые потери (дБ)	
2	4,2	-	0,3
3	6,3	6,6	0,5
4	7,8	8,1	0,7
6	9,9	10,2	0,9
8	11,4	11,7	1,2
12	13,5	13,8	1,4
16	15	15,3	1,7
24	17,1	17,4	2,1
32	18,6	18,9	2,6

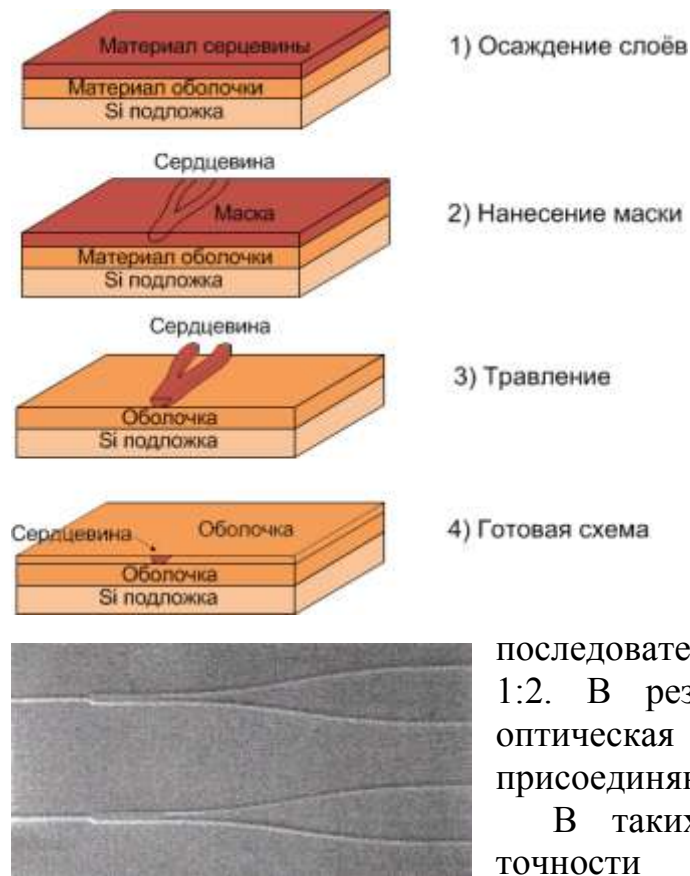
Таблица П.2.15. Максимальные значения вносимых потерь в зависимости от соотношения деления на длине волны 1310 нм.

Соотношение деления, %	Максимальные вносимые потери, дБ	
	однооконный	двухоконный
50/50	3.4/3.4	3.6/3.6
45/55	3.8/2.9	4.1/3.1
40/60	4.4/2.5	4.7/2.7
35/65	5.0/2.2	5.3/2.4
30/70	5.6/1.8	6.0/1.9
25/75	6.3/1.5	6.9/1.6
20/80	7.4/1.2	7.9/1.3
15/85	8.8/0.9	10.0/0.9
10/90	10.8/0.6	11.3/0.6
5/95	13.8/0.4	15.2/0.45



## Планарные разветвители.

Более совершенной разновидностью разветвителей является – планарные оптические делители – рис.П.2.8, (PLC (planar lightwave circuit)). Такие устройства изготавливаются методами интегральной оптики. На кремниевой



подложке химически осаждаются поочередно слои с материалами сердцевины и оболочки, после чего через маску вытравливается планарный волновод необходимой конфигурации, который также покрывается материалом отражающей оболочки.

Так формируется планарный волновод с равномерным разветвлением оптической мощности 1:2. Устройства с большим количеством выходных портов формируются

последовательным каскадированием делителей 1:2. В результате образуется практически оптическая микросхема, к которой присоединяются входные и выходные волокна.

В таких конструкциях легче добиться точности деления мощности, а их спектральные характеристики практически не изменяются в широком диапазоне 1260÷1680 нм. Однако из-за круговой несимметричности канала PLC достаточно чувствительны к

поляризации излучения, а отражения в местах соединения планарных и волоконных световодов могут быть выше, чем в сварных конструкциях. Тем не менее, PLC оптические делители характеризуются широкой полосой рабочего диапазона, стабильными параметрами, высокой надежностью (табл.П.2.16).

Рис. П.2.8. Планарные сплиттеры

Таблица П.2.16. Технические характеристики планарного разветвителя.

Делитель	1×8	1×16	2×16	1×32	2×32
Рабочие длины волн (нм)	1260-1650				
Вносимое ослабление(дБ)	10.8	14	14.9	17	18.6
Обратные потери (дБ)	50/55				
Направленность (дБ)	55				
PDL (дБ)	0.3				
Тип волокна	SMF-28e(G652D)				
Потери в зависимости от длины волны не более (дБ)	0.2		0.3		

Температурная нестабильность в диапазоне -40 ÷ +85 ° С не более (дБ)	0.3	0.4
Рабочая температура (° С)	-40 ÷ +85	

Таблица П.2.17. Сравнение сплавных и планарных оптических разветвителей

Характеристика	Оптические разветвители	
	Сплавные	Планарные
<b>Технология изготовления</b>	более простая	более сложная
<b>Габаритные размеры</b>	большие, при большом количестве портов	небольшие
<b>Стоимость</b>	низкая	приемлемая, при достаточно большом количестве портов (>1:8)
<b>Механическая прочность</b>	хорошая	удовлетворительная
<b>Зависимость потерь от длины волны</b>	существенная	несущественная в диапазоне 1300-1600 нм.
<b>Поляризационно-зависимые потери</b>	малые	удовлетворительные
<b>Точность реализации коэффициента деления</b>	уменьшается с количеством портов	достаточно высокая
<b>Потери на отражение</b>	удовлетворительные	малые
<b>Зависимость вносимых потерь от температуры</b>	малая	удовлетворительная

### Варианты конструктивного изготовления

**Безкорпусное исполнение**, с выводами волокна диаметром 250 мкм. Размеры корпуса зависят от количества выводов. Предназначены для установки в соединительных кассетах (рис.П.2.9).



Рис.П.2.9. Безкорпусное исполнение.

При **корпусном исполнении** делителя его помещают в отдельный прочный металлопластиковый корпус, защищающий ОР от механических, климатических и химических воздействий (рис.П.2.10). Выводы волокна организуются через 0,9мм, 2 мм или 3 мм оптический кабель. В корпусах есть сквозные отверстия диаметром 2÷3 мм для крепления к плоской поверхности.

**Многовыводный оптический делитель 1U для монтажа в 19”** телекоммуникационную стойку (рис.П.2.11). Входы и выходы располагаются на передней панели и подключение производится оптическими патчкордами. Возможна коммутация ветвей сети.



Рис.П.2.10. Корпусное исполнение



Рис.П.2.11. Исполнение в корпусе 1U.

### Оптические коннекторы.

При монтаже ВОЛС применяются 2 типа соединений оптических волокон – разъемные и неразъемные. Разъемные соединения осуществляются с помощью разнообразных коннекторов (разъемов). К не разъемным относятся механические соединения и сварка оптических волокон.

На рынке представлено большое количество специализированных оптических разъемов. Волоконно-оптические разъемы доступны в двух типоразмерах: разъемы стандартного размера (SC, FC) и миниатюрные оптические разъемы (LC). Оптические разъемы могут соединить как одно, так и несколько волокон.

Оптический разъем состоит из корпуса, внутри которого расположен наконечник (феррула) с прецизионным продольным концентрическим каналом – рис.П.2.12. Диаметр канала зависит от того, какое оптическое волокно будет использоваться - одномодовое или многомодовое. Для одномодового волокна диаметр канала феррулы равен 125,5-127 мкм, для многомодового 127-130 мкм. Наиболее распространенный внешний диаметр феррулы — 2,5 мм, но в оптических разъемах с малым форм-фактором используются феррулы диаметром 1,25 мм. Стандартно в качестве материала феррул используется диоксид циркония.

Феррула соединяется с оптическим волокном: волокно без оболочки вставляется в канал наконечника и фиксируется, выступающий конец волокна скалывается параллельно с поверхностью торца феррулы, сам торец феррулы полируется. Далее феррула с волокном совмещается с корпусом разъема. После соединения волокна и феррулы, сборка тестируется на наличие дефектов (на микроскопе или интерферометре). Для одномодового волокна точность выравнивания волокна в ферруле должна быть выше, чем 0,5 мкм, угловое отклонение не более 5 гр., а возвратные потери не менее 40 дБ.

Существует несколько наиболее часто используемых типов разъемов, каждый из которых требует своего метода сборки. Но минимум два шага этих методов являются общими для всех типов.



Рис.П.2.12. Феррула.

- 1) Волокно закрепляется в оптическом разъеме с помощью эпоксидной смолы. Этот процесс важен с точки зрения обеспечения надежности оптического разъема. Эпоксидная смола предотвращает движение оптического волокна, что позволяет производить равномерную полировку торцов феррулы и оптического волокна.
- 2) Торцы феррулы полируются – рис.П.2.13, для обеспечения возможности наиболее плотного соединения коннекторов. Это необходимо для того, чтобы снизить в точке соединения коннекторов вносимое в линию затухание и обратное отражение. Существует несколько типов полировки PC (Physically Contact), UPC (Ultra PC), APC (Angled PC), SPS (Super PC). В случае полировки UPC плоскость торца феррулы перпендикулярна оптическому волноводу волокна, при APC – наклонена под углом  $8^\circ$ .
- 3) В телекоммуникациях стандартно используются оптические разъемы с полировкой UPC, реже - APC. Оптические коннекторы с полировкой APC нашли широкое применение в сетях кабельного телевидения. Оптические разъемы с полировкой APC не совместимы с другими типами разъемов, а для их обозначения применяется зеленый цвет.

Выбор метода полирования зависит от материала наконечника. Если материал наконечника очень твердый, например керамика, то, как правило, наконечник закруглен в районе торцевого конца и на него ссылаются, как на предварительно закругленный. Мягкие материалы наконечника, такие, как композитные термопластики или стеклокерамика, могут полироваться плоско. Эти материалы изнашиваются примерно с такой же скоростью, что и оптоволокно, могут интенсивно использоваться и поддерживать качество физического контакта.

Торцевые концы волокна закругляются, для того, чтобы свет не отражается непосредственно назад к источнику (так как угол отражения равен углу падения). В случае закругления торца он отражается назад под углом и рассеивается, а волокна касаются наиболее выступающими точками, приходящимися на среднюю часть светонесущей сердцевины волокна. Таким образом волокна касаются всегда и воздушный зазор исключен.

Обратное отражение может быть снижено еще больше, если использовать угловой физической контакт APC (Angled Physically Contact). Угловой контакт отражает свет в оболочку волокна, а не в сердцевину.

Возвратные потери оптического разъема должны быть, как уже говорилось, не меньше 40 дБ. Еще одна важная характеристика оптического разъема — количество циклов соединения. Оно относится к числу соединений/разъединений, начиная с которого характеристики разъема

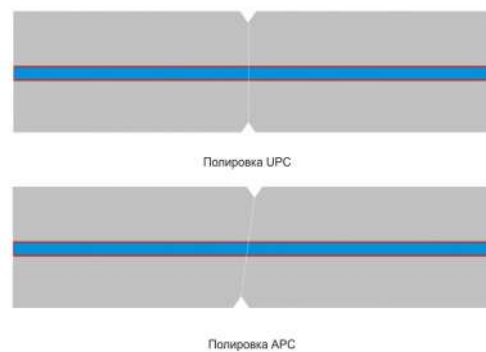


Рис.П.2.13. Полировка торца.

станут ухудшаться. Это число, как показывает опыт, колеблется от 200 до 600 соединений. В конце жизненного цикла потери на разъеме не должны увеличиваться более чем на 0,2 дБ.

### **Типы оптических коннекторов.**

#### **Оптический разъем ST.**



Этот тип разъема использует быстро сочленяемое байонетное соединение, которое требует поворота разъема на четверть оборота для осуществления соединения/разъединения. Встроенный ключ обеспечивает хорошую повторяемость параметров соединения, потому что разъем всегда будет одинаково соединен с соединительной втулкой. Разъем типа ST в настоящее время заменяется на более прогрессивный разъем типа FC. Уровень вносимых потерь разъема типа ST составляет <math><0,5</math> дБ.

#### **Оптический разъем SC.**



Этот тип разъема широко используется как для одномодового, так и для многомодового волокна. Разъем SC относится к классу разъемов общего пользования и применяется как в сетях с большой длиной секций, так и в локальных сетях. В разъеме используется механизм сочленения "push-pull". Разъем SC базового типа состоит из сборки (вилки), содержащей наконечник, вставленной в корпус разъема, центрирующую наконечник. Оптический разъем SC может объединяться в модуль, состоящий из нескольких разъемов. В этом случае модуль может использоваться для дуплексного соединения (одно волокно которого используется для передачи в прямом, а другое в обратном направлениях). Разъем имеет ключ, предотвращающий неправильное соединение волокон. Вносимые потери оптического разъема SC составляют 0,4 дБ и ниже.

#### **Оптический разъем FC.**



Разъемы FC наиболее часто используются с одномодовыми волокнами и имеют уровень вносимых потерь порядка 0,2 дБ. Разъем типа FC имеет средства для настройки. Ключ настройки позволяет настраивать уровень вносимых потерь до нескольких десятых дБ. После того, как позиция минимальных потерь найдена, ключ может быть зафиксирован. Используемое в разъемах резьбовое соединение обеспечивает надежную защиту от случайного разъединения.

#### **Оптический разъем LC.**



Миниатюрные разъемы LC имеют размеры примерно в два раза меньшие, чем обычные варианты SC, FC, ST, диаметр наконечника составляет 1,25 мм, а не 2,5 мм. Это позволяет реализовать большую плотность при установке на

коммутационной панели и плотную схему установки в стойку. Разъем фиксируется с помощью прижимного механизма, исключающего случайное разъединение.

#### **Оптический разъем D4.**

Этот тип оптических разъемов особенно широко используется для одномодового волокна. Он во многих отношениях похож на разъем FC, но имеет наконечник меньшего диаметра — 2,0 мм. Вносимые потери разъема D4 составляют около 0,2 дБ.

#### **Оптический разъем FDDI.**

Разъем FDDI спроектирован как двухканальный, использует два керамических наконечника и механизм боковых защелок. Прочный кожух защищает наконечники от случайных повреждений, тогда как плавающий стык обеспечивает ему плотное сочленение без усилий. Уровень вносимых потерь составляет порядка 0,3 дБ для одномодового волокна и порядка 0,5 дБ для многомодового. FDDI — технология локальных сетей, используемая для пакетной передачи данных со скоростью 100 Мбит/с в соответствии со стандартом ANSI.



#### **Оптический разъем E-2000 и F-3000.**

Разъемы E-2000 представляют из себя достаточно сложную конструкцию. Для разъединения разъема требуется специальный ключ, поэтому вероятность случайного разъединения разъема E-2000 сводится к нулю. После разъединения коннектора, отверстие закрывают специальные шторки. Данные разъемы отличает большое количество циклов соединений – до 2000.

Оптические разъемы F-3000 являются усовершенствованной версией разъема E-2000. Отличие заключается в диаметре ферулы - 1,25 мм (у F-3000) и в материале шторок - у F-3000 они металлические.

Существует еще большое количество типов оптических разъемов - HDSC, FJ, SC-Compact, MU, SCDC, SCQC, Mini-MT, MT-RJ, Mini-MPO, Optoclip II, VF-45 и прочие. Эти разъемы имеют узкое прикладное назначение и в настоящее время не получили широкого применения.

### Приложение 3.

В качестве активного оборудования можно предложить использование аппаратуры более 50 фирм производителей с разнообразными параметрами, например ZyXEL, D-Link, PLANET, NSG и целый ряд других, поэтому студенту предлагается самому выбрать аппаратуру любой фирмы для чего в поисковой строке Яндекса набрать, например:

- «сетевое оборудование российского производства» или
- «производители сетевого оборудования»;

откроется перечень фирм производителей, из которого можно выбрать понравившуюся, затем открыть каталог продукции.

Только в качестве примера приведен каталог оборудования Alcatel-Lucent.

#### Решения PON Alcatel-Lucent.

В данном разделе приведено описание оборудования доступа Alcatel-Lucent, реализующего технологию GPON, и программных продуктов, облегчающих эксплуатацию и обслуживание сети доступа на базе технологии GPON

##### Типовая схема.

Типовая схема предлагаемого решения приведена на рис. П.3.1.

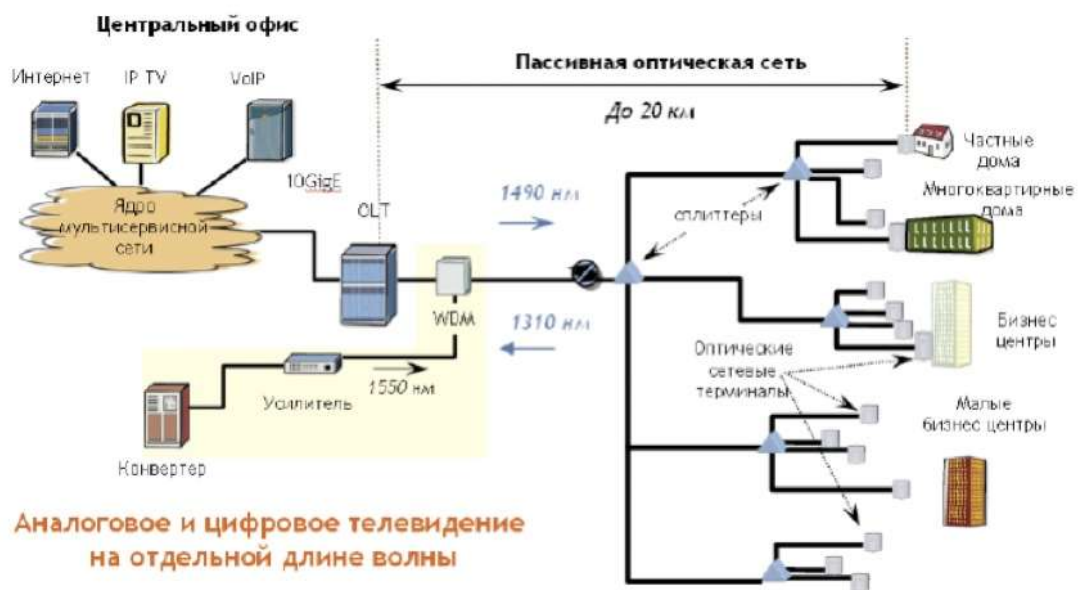


Рис.П.3.1. Типовая схема решений для оборудования PON Alcatel-Lucent

В основе решения лежит пассивная оптическая инфраструктура типа точка-многоточка, реализуемая с помощью делителей оптического сигнала — сплиттеров. Взаимодействие основных элементов осуществляется на основе стандартов ITU-T G.984.x GPON (гигабитная пассивная оптическая сеть), что фактически означает обмен информацией на скорости до 2,5 Гбит/с в сторону абонентов и 1,25 Гбит/с в сторону сети.

##### Состав оборудования.

В состав комплекса оборудования входят следующие элементы:  
P-OLT (Packet Optical Line Termination) — оборудование, обеспечивающее взаимодействие с сетью передачи данных, функции обработки и коммутации трафика;  
ONT (Optical Network Terminal) — абонентские терминалы; пользовательское оборудование, размещаемое у абонента;  
5520 AMS (Access Management System) — ПО,

система управления; V-OLT (Video Optical Line Termination) — оборудование, создающее наложенную сеть кабельного телевидения на отдельной длине волны; NA-F (Network Analyzer Fiber): ПО, средство мониторинга состояния пассивной оптической инфраструктуры и абонентских терминалов, инструмент локализации неисправностей. Кроме того, для решения задач проектирования и оптимального строительства оптической сети предлагается решение Fiber PlanIt.

#### **Основные характеристики Alcatel-Lucent ISAM 7302/7330 FD.**

Оборудование Alcatel-Lucent 7330 FTTx – представляет собой универсальный мультиплексор широкополосного доступа высокой плотности, предназначенный для организации одновременного доступа к таким трафикоемким приложениям, как сетевые игры, широковещательное телевидение, видео по запросу (VoD), высокоскоростной доступ в Интернет, голосовые услуги.

Платформа поддерживает установку не только 8-портовых GPON линейных плат, но и установку линейных плат, поддерживающих другие технологии широкополосного доступа, такие как ADSL2+, VDSL2, SHDSL.bis, FE/GE, реализацию голосовых услуг. Таким образом, оборудование позволяет оператору осуществлять миграцию с одной технологии на другую или совмещать несколько технологий на одной платформе.

Поддержка технологии GPON:

- скорости на GPON порт
  - 2,5 Гбит/с во входящем направлении на длине волны 1490 нм;
  - 1,25 Гбит/с в исходящем направлении на длине волны 1310 нм;
- до 128 абонентов на один PON интерфейс при использовании оптических модулей класса C+ и оптическом бюджете 32 дБ;
- до 16 384 абонентов на полку 7302 при коэффициенте деления 1:128;
- до 8 192 абонентов на полку 7330 при коэффициенте деления 1:128;
- поддержка плат 10GPON.

#### **Оборудование P-OLT.**

##### **Полка высокой плотности ISAM 7302 FD**

Полка ISAM 7302 FD устанавливается в стандартный стив ETSI (до 2-х полок на стив) и имеет:

- 2 слота для установки плат управления;
- 1 слот для установки плат расширения ввода вывода;
- 16 (18 при использовании одной платы управления и коммутации) посадочных мест для установки линейных плат.

Внешний вид полки ISAM 7302 FD приведен на рисунке П.3.2.

Питание полки 7302 FD осуществляется от источника постоянного тока номинальным напряжением 48-60В. Резервирование питания осуществляется использованием двух отдельных шин питания.



Рис. П.3.2 Внешний вид полки ISAM 7302 FD с платой NANT-E и линейными платами NGLT.



### **Полка средней плотности ISAM 7330 FD**

Полка ISAM 7330 FD может быть установлена как в стандартный стив ETSI, так и в стив шириной 19" и имеет:

- 2 слота для установки плат управления;
- 1 слот для установки плат расширения ввода вывода;
- 8 (10 при использовании одной платы управления и коммутации) посадочных мест для установки линейных плат.

Внешний вид полки ISAM 7330 FD приведен на рисунке П.3.3.

Питание полки 7330 FD осуществляется от источника постоянного тока номинальным напряжением 48-60 В.

Резервирование питания осуществляется использованием двух отдельных шин питания.

Питание полки 7330 FD осуществляется от источника постоянного тока номинальным напряжением 48-60 В.

Резервирование питания осуществляется использованием двух отдельных шин питания.



Рис. П.3.3: Внешний вид полки ISAM 7330 FD без плат

### **Плата управления и коммутации NANT-E**

Внешний вид платы NANT-E приведен на рисунке П.3.4.

Плата управления и коммутации NANT-E устанавливается в полку 7302 или 7330. Поддерживается установка до 2-х плат для осуществления функции резервирования и разделения нагрузки. Плата имеет как собственные интерфейсы для подключения к сети передачи данных, так и, при необходимости, может быть дополнена платой ввода-вывода, которая устанавливается в полку. Плата ввода-вывода реализует как дополнительные интерфейсы для подключения к сети передачи данных, так и функцию резервирования интерфейсов.

Основные характеристики платы управления NANT-E приведены в таблице П.3.1.



Рис.П.3.4: Внешний вид платы NANT-E

Таблица П.3.1.

Характеристика	NANT-E
Коммутационная способность	320 Гбит/с, 640 Гбит/с (в режиме A/A)
Полоса пропускания на линейную плату	10/2.5/1 Гбит/с
Интерфейсы в сторону сети	4 x 1G/2,5G/10G, определяются устанавливаемым модулем SFP/SFP+ Дополнительные интерфейсы через плату ввода-вывода - 2 x 10G - 6 x 1G
Протоколы маршрутизации	BGP, IS-IS, OSPF, RIP, IS-IS
Синхронизация	BITS и Sync-E, встроенный высокостабильный источник
Поддержка L3/MPLS	Несколько виртуальных маршрутизаторов, L3/MPLS, поддержка OSPF/RIP/IS-IS/BGP
Поддержка голоса	SIP
Дополнительные особенности	Процессор для обработки приложений Application Enablement (AE) processor, поддержки функции агрегации и каскадного подключения, расширенный диапазон рабочих температур

#### Линейная плата NGLT-A

Внешний вид платы приведен на рисунке П.3.5.

Линейная плата NGLT-A обеспечивает поддержку технологии GPON и обладает следующими характеристиками:

- 8 портов GPON на линейную плату;
- поддержка до 1024 абонентов на плату;
- поддержка коэффициентов деления до 1:128;
- поддержка сменных модулей SFP (B+ и C+);
- поддержка OLS (Optical Line Supervision) 2;
- аппаратная поддержка оптических модулей SFP, реализующих функциональность OTDR;
- возможность ограничения полосы пропускания на сервис/абонента и диспетчеризация трафика.

Реализация стандартов OISG v1/2 для обеспечения взаимодействия оборудования OLT и ONT различных производителей.



Рис. П.3.5. Внешний вид платы NGLT-A

## Оптические модули со встроенной функцией оптической рефлектометрии

В настоящее время компанией Alcatel-Lucent завершается разработка оптических модулей SFP со встроенной функцией оптической рефлектометрии OTDR. Данная инновация от Bell Labs позволит оператору значительно сэкономить как на капитальных, так и операционных расходах. Совместно с ПО 5530 Сетевой Анализатор для оптических сетей использование функциональности OTDR позволит упростить эксплуатацию оптической инфраструктуры GPON сети и повысить лояльность абонентов.

### Наиболее полный спектр оптических терминалов

Более 20 типов GPON ONT для разных сегментов рынка



### Абонентские терминалы – ONT

Alcatel-Lucent предлагает более 20 типов GPON ONT для разных сегментов рынка, начиная с самых простых и заканчивая терминалами, которые имеют функции домашнего шлюза и обладают беспроводными интерфейсами Wi-Fi.

Ниже представлено описание наиболее популярных моделей ONT.

#### I-240W

Внешний вид терминала I-240W приведён на рисунке. Отличительные характеристики ONT I-240W:

- 2 порта POTS;
- 4 порта Gigabit Ethernet;
- возможность приёма высокочастотного кабельного телевидения;
- поддержка Wi-Fi и функции домашнего шлюза
- для установки внутри помещений: на столе или крепление на стену;
- источник бесперебойного питания;
- мониторинг состояния батареи;
- отсек для укладки волокна.

Поддержка RSSI.



### **I-240G**

Внешний вид терминала I-240G приведён на рисунке.

Отличительные характеристики ONT I-240G:

- 2 порта POTS;
- 4 порта Gigabit Ethernet;
- вариант с поддержкой функции домашнего шлюза
- вариант с поддержкой функции кабельного телевидения RF
- для установки внутри помещений: на столе или крепление на стену;
- раздельное (по абонентам, по портам) управление полосой пропускания;
- IPTV с мультстадийной обработкой IGMPv3 или IGMPv2. Поддержка RSSI (Received Signal Strength Indication).



### **I-010G**

Внешний вид терминала I-010G приведён на рисунке.

Отличительные характеристики ONT I-010G:

- 1 порт Gigabit Ethernet;
- для установки внутри помещений: на столе или крепление на стену;
- раздельное (по абонентам, по портам) управление полосой пропускания;
- IPTV с мультстадийной обработкой IGMPv3 или IGMPv2. Поддержка RSSI (Received Signal Strength Indication).



### **I-040G**

Внешний вид терминала I-040G приведён на рисунке

Отличительные характеристики ONT I-040G:

- 4 порта Gigabit Ethernet;
- для установки внутри помещений: на столе или крепление на стену;
- раздельное (по абонентам, по портам) управление полосой пропускания;
- IPTV с мультстадийной обработкой IGMPv3 или IGMPv2. Поддержка RSSI (Received Signal Strength Indication).



### **Дополнительная информация об ONT**

- низкое энергопотребление;
- питание от 12В (внешний источник);
- поддержка функции dying gasp;
- расширенное динамическое управление пропускной способностью;
- поддержка голосовых услуг (для моделей с голосовыми портами) через SIP, поддержка услуг: Caller ID, Call Waiting, Call Forwarding, Call Transfer, Call Toggle, Distinctive Ringing, и др.

- совместимый с требованиями G.984.3 механизм запроса динамической полосы: поддержка Piggyback DBRu (Mode 0)
- совместимый с требованиями G.984.3 алгоритм шифрования — Advanced Encryption System (AES) с возможностью включения/отключения на заданном порту;
- совместимый с требованиями G.984.3 механизм исправления ошибок — Forward Error Correction (FEC) как в восходящем, так и в нисходящем потоке;
- поддержка терминалов с интерфейсами E1
- автоопределение MDI/MDIX;
- манипулирование, классификация и фильтрация VLAN;
- до восьми классов QoS для приоритизации трафика на порт Ethernet с использованием 802.1p;
- ограничение скорости широковещательного и многоадресного трафика;
- основанное на приоритете и скорости планирование;

#### **Оборудование для предоставления услуги кабельного телевидения**

Данный раздел посвящен описанию решения по предоставлению услуги кабельного телевидения на базе существующей у оператора пассивной оптической инфраструктуры типа точка-многоточка, реализуемой с помощью делителей оптического сигнала — сплиттеров, в которой взаимодействие основных элементов осуществляется на основе стандартов ITU-T G.984.x GPON (гигабитная пассивная оптическая сеть). Основной принцип, который используется при реализации данной услуги, заключается в конвертации электрического ВЧ сигнала в оптический сигнал на определенной длине волны и передаче его по пассивной оптической инфраструктуре на отдельной длине волны в абонентский терминал, производящий процедуру обратного преобразования оптического сигнала в электрический ВЧ сигнал.

Решение, предлагаемое компанией Alcatel-Lucent, на стороне оператора состоит из конвертера и усилителя мощности интегрированного с WDM сплиттером.

Использование абонентских терминалов ONT, оборудованных интерфейсом F-типа для подключения телевизионного приемника, позволяет получить полный набор услуг в привычном для рядового абонента понимании без использования дополнительных телевизионных приставок.

Воплощение в жизнь сети кабельного телевидения требует от оператора определенного технического решения. Для его реализации требуются конвертер, преобразующий электрический модулированный сигнал, передаваемый по коаксиальному кабелю, в оптический, и усилитель мощности, совмещенный в одном конструктиве с WDM сплиттером, «подмешивающим» полученный в конвертере оптический сигнал к уже существующим в пассивной оптической сети сигналам.

#### **Оптический передатчик ES10XL-85**

На ВЧ вход можно подавать сигнал в диапазоне от 47 МГц до 1000 МГц с номинальным уровнем 80 – 90 дБмкВ на каждую ТВ несущую. ES10XL-85 имеет два оптических выхода по 8.5 дБм каждый, длина волны — 1550 нм. Управление оптическим передатчиком может осуществляться через локальный графический интерфейс или с помощью протокола SNMP.



Рис. П.3.6. Оптический передатчик ES10XL-85

### Основные технические характеристики

- Малошумящий источник лазерного излучения типа CW-DFB
- Длина волны согласно ITU-T — 1550 нм
- Шаг подстройки длины волны +/- 100ГГц
- Два оптических выхода
- Автоматическая регулировка усиления входного сигнала
- Различные номиналы напряжения питания ~100..240 В, -48 В, +24 В
- Резервирование блоков питания
- Web и SNMP интерфейс
- ЖК дисплей, светодиодные индикаторы состояния
- Монтаж в 19" или ETSI стойку
- Высота устройства 1 RU

#### Усилитель мощности с WDM OV32175-IP

Использование данного усилителя мощности, работающего на длине волны 1550 нм, позволяет обойтись без предварительных усилителей мощности. Встроенный WDM фильтр на 32 PON порта позволяет обойтись без дополнительных соединений. Управление осуществляется через WEB интерфейс или с помощью протокола SNMP.



Рис. П.3.6. Усилитель мощности с WDM OV32155-IP

#### Основные технические характеристики

- Постоянный контроль выходной мощности
- Мониторинг входов и выходов
- 32 встроенных WDM фильтра
- Выходная мощность 17.5 дБм
- Различные номиналы напряжения питания ~100..240 В, -48 В, +24 В
- Резервирование блоков питания
- Web и SNMP интерфейс
- ЖК дисплей, светодиодные индикаторы состояния
- Монтаж в 19" или ETSI стойку
- Высота устройства 2 RU

В табл. П.3.2 и табл. П.3.3 приведены параметры передающих и приемных устройств в нисходящем потоке от OLT к ONT. В табл. П.3.4 и табл.П.3.5 приведены параметры передающих и приемных устройств в восходящем потоке от ONT к OLT.

На основании опыта внедрения сетей GPON было разработано в 2006 году первое дополнение к рекомендациям G984.2, которое предусматривает использование только одного ОВ и предлагает два варианта реализации сетей: цифровую с предоставлением услуги кабельного телевидения и чисто цифровую сеть. В табл.П.3.6 приведены рекомендации по выбору уровней оптической мощности излучателей в нисходящем и восходящем потоках, а в

табл. П.3.7 приведены рекомендации по максимальным и минимальным уровням потерь в линейном тракте.

Табл. П.3.2. Параметры передатчика OLT в нисходящем потоке со скоростью 2488 Мбит/с.

Параметры	Ед. изм.	Одно ОВ			Два ОВ		
Длина волны	нм	1480-1500			1260-1360		
Линейный код	-	NRZ, скремблирование			NRZ, скремблирование		
Минимальные возвратные потери	дБ	32			32		
Класс сети	-	A	B	C	A	B	C
Минимальный средний уровень мощности	дБм	0	+5	+3	0	+5	+3
Максимальный средний уровень мощности	дБм	+4	+9	+7	+4	+9	+7
Минимальный коэффициент экстинкции	дБ	10			10		
Максимальная среднеквадратическая ширина спектра излучения для: многомодового лазера одномодового лазера	нм	Не задается 1			Не задается 1		
Минимальный коэффициент подавления боковых мод	дБ	30			30		

Табл.П.3. 3. Параметры приемника ONT в нисходящем потоке со скоростью 2488 Мбит/с.

Параметры	Ед. изм.	Одно ОВ			Два ОВ		
Максимальная отражательная способность	дБ	-20			-20		
Линейный код	-	NRZ, скремблирование			NRZ, скремблирование		
Класс сети	-	A	B	C	A	B	C
Минимальная чувствительность	дБм	-21	-21	-28	-21	-21	-28
Минимальная перегрузка	дБм	-1	-1	-8	-1	-1	-8

Табл. П.3.4. Параметры передатчика ONT в восходящем потоке со скоростью 1244 Мбит/с.

Параметры	Ед. изм.	Одно ОВ			Два ОВ		
Рабочая длина волны	нм	1260-1360			1260-1360		
Линейный код	-	NRZ, скремблирование			NRZ, скремблирование		
Минимальные возвратные потери	дБ	32			32		
Класс сети	-	A	B	C	A	B	C
Минимальный средний уровень мощности	дБм	-3	-2	+2	-3	-2	+2
Максимальный средний уровень мощности	дБм	+2	+3	+7	+2	+3	+7
Минимальный коэффициент экстинкции	дБ	10			10		
Максимальная среднеквадратическая ширина спектра излучения для: многомодового лазера	нм	Не задается			Не задается		

одномодового лазера		1	1
Минимальный коэффициент подавления боковых мод	дБ	30	30

Табл. П.3.5. Параметры приемника OLT в восходящем потоке со скоростью 1244 Мбит/с.

Параметры	Ед. изм.	Одно ОВ			Два ОВ		
Минимальная отражательная способность	дБ	-20			-20		
Коэффициент ошибок BER	-	10 <sup>-10</sup>			10 <sup>-10</sup>		
Класс сети	-	А	В	С	А	В	С
Минимальная чувствительность	дБм	-24	-28	-29	-24	-28	-29
Минимальная перегрузка	дБм	-3	-7	-8	-3	-7	-8

Табл. П.3.6. Уровни оптической мощности для нисходящего потока со скоростью 2.4 Гбит/с и восходящего потока со скоростью 1.2 Гбит/с.

Параметры	Одно волокно
<b>Сетевое устройство</b>	<b>OLT</b>
Минимум (MIN) средней возбуждаемой мощности, дБм	+1.5
Максимум (MAX) средней возбуждаемой мощности, дБм	+5.0
Максимальная чувствительность, дБм	-28
Минимальная перегрузка, дБм	-8
Энергетический запас в нисходящем направлении, дБ	0.5
<b>Сетевое устройство</b>	<b>ONT</b>
Минимум (MIN) средней возбуждаемой мощности, дБм	+0.5
Максимум (MAX) средней возбуждаемой мощности, дБм	+5.0
Максимальная чувствительность, дБм	-27
Минимальная перегрузка, дБм	-8
Энергетический запас в восходящем направлении, дБ	0.5

Табл. П.3.7. Минимальные и максимальные потери для сети GPON.

Параметры	Одно волокно
Минимальные оптические потери на 1490 нм, дБ	13
Минимальные оптические потери на 1310 нм, дБ	13
Максимальные оптические потери на 1490 нм, дБ	28
Максимальные оптические потери на 1310 нм, дБ	28

В 2008 году было разработано второе дополнение к рекомендациям МСЭ G984.2, которое устанавливает новый класс сети С+ и повышает требования к чувствительности фотоприемных устройств для OLT на 4 дБ для ONT на 3 дБ, сужает диапазон используемых в восходящем потоке длин волн до 1290-1330 нм, а также рекомендует в линейном тракте сети использовать ОВ устойчивые к изгибам, которые соответствуют рекомендации МСЭ G657. В табл.П.3.8 приведены параметры источника и приемника излучения OLT для сети GPON класса С+.

В табл.П.3.9 приведены параметры источника и приемника излучения ONT для сети GPON класса С+.



В табл.П.3.10 приведены минимальные и максимальные потери для сети GPON класса C+.

В ранних рекомендациях МСЭ G.984.2 предлагается использовать в сетях GPON диапазон длин волн 1480-1500 нм для нисходящего потока и 1260 – 1360 нм для восходящего потока. На рис. 9 показано рекомендованное G.984.5 распределение длин волн в сетях GPON. Оно включает зарезервированные диапазоны длин волн для дополнительных услуг NGA (Next Generation Access) и видео V.

Табл.П.3. 8. Параметры OLT для сети GPON класса C+.

Параметры	Ед.изм.	Одно ОВ
Минимальный уровень средней мощности	дБм	+3
Максимальный уровень средней мощности	дБм	+7
Энергетический запас в восходящем направлении	дБ	0.5
Максимальная чувствительность	дБм	-32
Минимальная перегрузка	дБм	-12
Диапазон длин волн в восходящем потоке	нм	1290-1330

Табл. П.3.9. Параметры ONT для сети GPON класса C+

Параметры	Ед.изм.	Одно ОВ
Минимальный уровень средней мощности	дБм	+0.5
Максимальный уровень средней мощности	дБм	+5
Энергетический запас в нисходящем направлении	дБ	1
Максимальная чувствительность	дБм	-30
Минимальная перегрузка	дБм	-8

Табл. П.3.10. Минимальные и максимальные потери для сети GPON класса C+.

Параметры	Одно волокно
Минимальные оптические потери на 1490 нм, дБ	13
Минимальные оптические потери на 1310 нм, дБ	13
Максимальные оптические потери на 1490 нм, дБ	28
Максимальные оптические потери на 1310 нм, дБ	28

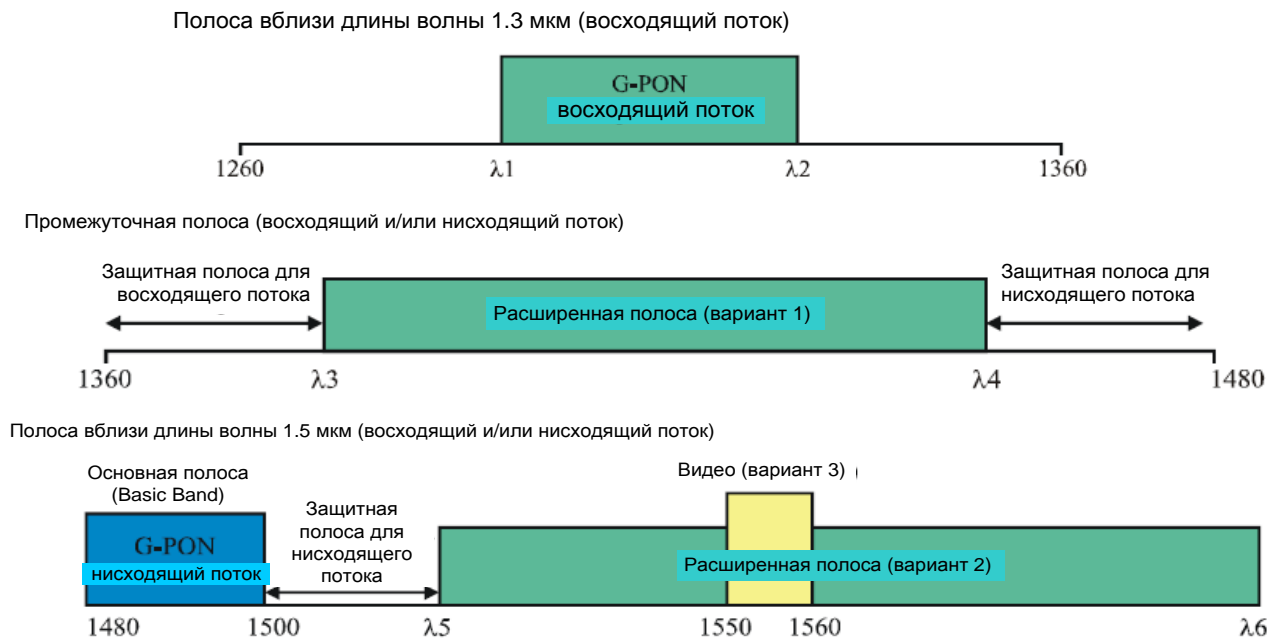


Рис. П.3.7. Распределение длин волн в сетях GPON.

Диапазон длин волн 1480 – 1500 нм нисходящего потока G-PON назван "основная полоса" (basic band). Резервированные полосы названы "расширенная полоса" (enhancement band). Расширенная полоса используется для NGA и видеослужб. Диапазон длин волны для видео услуг определен в рекомендации МСЭ G.983.3 и сохранен последующими рекомендациями.

Защитная полоса (guard band) отделяет диапазон восходящего потока G-PON и/или основную полосу от полосы расширения. Взаимные влияния между сигналами в этих двух полосах приводит к искажениям, которые должны оставаться незначительными. Для получения необходимой изоляции вне защитной полосы используются блокирующие полосовые фильтры WBF.

### Станционное оборудование OLT.

На оптических сетях доступа в России применяется оборудование PON нескольких компаний: Huawei Technologies (Китай), ZyXEL Communications (Тайвань), ZTE (Китай), «Элтекс» (Россия), ECI Telecom (Израиль) и др. Обычно в ассортименте компании встречается несколько моделей станционного оборудования различающихся по емкости портов. Несмотря на большое разнообразие можно обобщить характеристики станционного оборудования по нескольким описанным ниже критериям.

#### Конструктивные характеристики

Наибольшее распространение получили конструкции OLT предназначенные для установки в 19" шкаф/стойку. Наиболее компактные модели занимают высоту 1U и выполнены в виде единого устройства с интерфейсными разъемами на передней панели. Более крупные устройства высотой от 3 до 20U выполнены в виде шасси, в который устанавливаются платы специального назначения, например, платы управления и коммутации, интерфейсные платы, платы питания, сигнализации, охлаждения и др. На рис.П.3.8 приведен внешний вид некоторых OLT.

### Функциональные характеристики

Оборудование OLT обычно является платформой мультисервисного доступа и поддерживает различные режимы доступа в зависимости от требуемых приложений и условий организации сети. Обычно OLT осуществляет коммутацию трафика и соединение с транспортной сетью, предоставляя абонентам доступ к многочисленным услугам, основными из которых являются:

- голосовые услуги (в т.ч. передача факса и услуги модема);
- HDTV;
- VoIP-телефония;
- высокоскоростной доступ в интернет;
- IP TV;
- видео по запросу (VoD);
- видеоконференции.

При модульной конструкции возможные конфигурации оборудования позволяют предоставлять абонентам практически все виды современных услуг, поддерживая большинство современных технологий доступа и сетевых протоколов. Наиболее популярные модели OLT имеют следующие функциональные характеристики:

- функции маршрутизации на уровнях L2 и L3.
- агрегирование каналов
- поддержка технологий Ethernet, xDSL, TDM.
- контроль оптической мощности и измерение расстояния между OLT и ONT
- динамическое распределение полосы

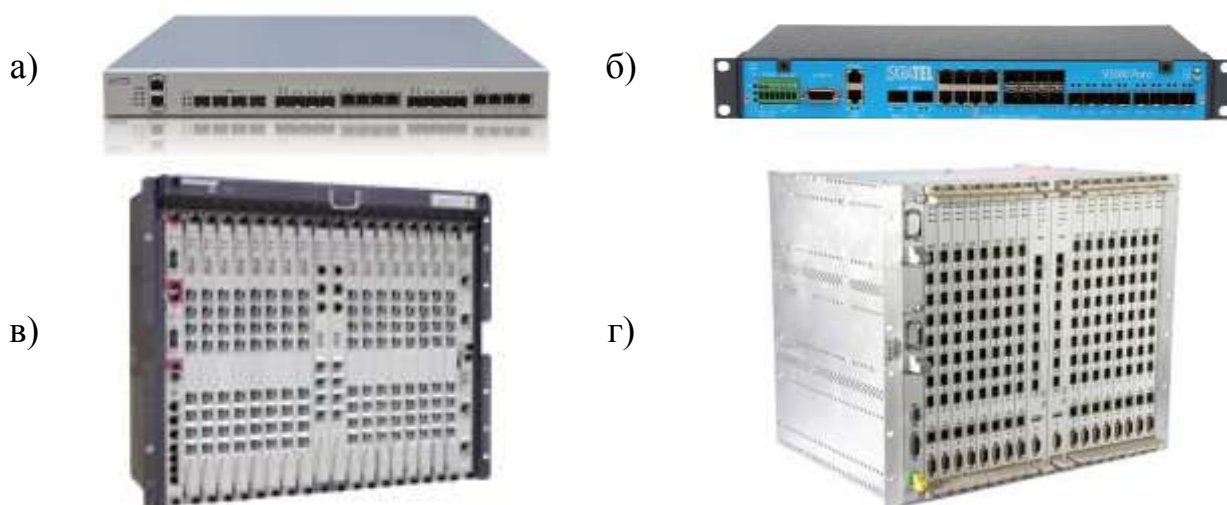


Рис. П.3.8. Внешний вид оборудования OLT: а) BW-5004-OLT (**Broadware Networks**), б) SI3000 Pono (Искрател), в) SmartAX 5680T (Huawei Technologies), г) MA-4000PX (Элтекс)

### Сетевые интерфейсы

Количество и тип портов зависят от назначения оборудования и его пропускной способности. Интерфейсы Uplink (от OLT к сети высшего уровня) могут быть представлены электрическими или оптическими портами TDM или Ethernet. Наибольшее распространение получили комбинированные интерфейсы E1, STM-1, 10/100/1000 Base-X или 10GBase-X.

Интерфейсы Downlink (от OLT к абонентам) могут быть представлены сочетанием портов xDSL (ADSL, ADSL2+, VDSL2, G.SHDSL.bis), POTS, E1, ISDN, P2PFE, GEPON и GPON. Интерфейсы GPON служат для подключения оптической распределительной сети (PON) к OLT. К каждому интерфейсу можно подключить до 32/64/128 абонентских оптических терминалов по одному волокну.

Физически интерфейсы могут быть выполнены в виде разъемов для подключения симметричного кабеля или оптического волокна или слотов для установки приемо-

передающих модулей. Наибольшее распространение получили SFP модули (Small Form-factor Pluggable). Типичный SFP модуль GPON имеет следующие характеристики:

- Тип разъема – SC/UPC;
- Чувствительность приемника – от –30 до –6 дБм;
- Среда передачи – оптоволоконный кабель с ОВ SMF 9/125, G.652;
- Бюджет оптической мощности (up/downstream) – 30,5 / 30 дБ;
- Минимальное затухание up/downstream – 11 / 15 дБ;
- Ширина спектра опт. излучения up/downstream  $\Delta\lambda$  – 1 / 1 нм;
- Длина волны соединения up/downstream – 1310 / 1490 нм;
- Скорость соединения up/downstream – 1,25 / 2,5 Гбит/с;
- Коэффициент разветвления – от 1:2 до 1 : 64;
- Максимальная дальность действия – до 20 км.

В таблице П.3.11, П.3.12 в качестве показательного примера приведены основные параметры передачи и приема оборудования OLT GPON.

Табл. П.3.11. Параметры передатчика OLT в нисходящем потоке со скоростью 2488 Мбит/с

Параметры	Ед. изм.	Одно ОВ			Два ОВ		
		А	В	С	А	В	С
Длина волны	нм	1480-1500			1260-1360		
Линейный код	-	NRZ, скремблирование			NRZ, скремблирование		
Минимальные возвратные потери	дБ	32			32		
Класс сети	-	А	В	С	А	В	С
Минимальный средний уровень мощности	дБм	0	+5	+3	0	+5	+3
Максимальный средний уровень мощности	дБм	+4	+9	+7	+4	+9	+7
Минимальный коэффициент экстинкции	дБ	10			10		
Максимальная среднеквадратическая ширина спектра излучения для:	нм						
многомодового лазера		Не задается			Не задается		
одномодового лазера		1			1		
Минимальный коэффициент подавления боковых мод	дБ	30			30		

Табл. П.3.12. Параметры приемника OLT в восходящем потоке со скоростью 1244 Мбит/с.

Параметры	Ед. изм.	Одно ОВ			Два ОВ		
		А	В	С	А	В	С
Минимальная отражательная способность	дБ	-20			-20		
Коэффициент ошибок BER	-	$10^{-10}$			$10^{-10}$		
Класс сети	-	А	В	С	А	В	С
Минимальная чувствительность	дБм	-24	-28	-29	-24	-28	-29
Минимальная перегрузка	дБм	-3	-7	-8	-3	-7	-8

### Управление оборудованием

Управление оборудованием обычно осуществляется с персонального компьютера через локальный порт, например консольный порт RS-232. Некоторые модели OLT поддерживают удаленное управление через интерфейс SNMP (Simple Network Management Protocol — простой протокол сетевого управления) или сервисную программу, разработанную изготовителем оборудования.

### Электропитание

Электропитание OLT обычно осуществляется от источника постоянного тока с напряжением 48; 60 или 72 В. Некоторые модели могут подключаться к сети переменного тока 220 В или комплектоваться при поставке встраиваемым блоком питания (интерфейсной платой) на требуемое напряжение питания.

### Абонентское оборудование ONU/ONT.

Абонентские устройства на сетях PON предназначены для организации соединения по оптическому каналу со стационарным устройством OLT и обеспечения широкополосного доступа к услугам сети (доступ в Интернет, VoIP, HD-видео и др).

В зависимости от числа подключаемых абонентов терминалы ONT можно разделить на:

- многопользовательские, предназначенные для подключения пользователей многоквартирного здания или офиса.
- однопользовательские, предназначенные для подключения абонентов одной квартиры или частного дома.

Терминалы обычно размещаются внутри помещений абонентов на горизонтальной поверхности или монтируются на стену. Однако имеются модели для размещения вне помещений, эти модели снабжаются дополнительным защитным кожухом.

Терминалы различаются по функциональным возможностям, типу и количеству имеющихся у них сетевых интерфейсов. Простейшие модели ONT располагают только одним интерфейсом GPON (для подключения к сети оператора) и одним интерфейсом GE. Более сложные модели могут располагать комбинацией из следующих интерфейсов:

- 10/100 Base-T Fast Ethernet (обычно от 1 до 4)
- Gigabit Ethernet (обычно от 1 до 4)
- интерфейс USB (для подключения накопителя)
- модуль WI-FI
- CATV (ВЧ разъем для подключения телевизора)
- FXS (разъем для подключения аналоговых телефонных линий (от 1 до 4))

Внешний вид терминалов приведен на рис.П.3.9.



Рис.П.3.9. Внешний вид оборудования ONT:

а) EchoLife HG8242 (Huawei), б) NTE-RG-1402GC-W (Элтекс)

Абонентские терминалы обычно выполняют функции маршрутизатора что позволяет подключать оборудование локальной сети к сети широкополосного доступа. При наличии модуля Wi-Fi терминал может служить беспроводной точкой доступа.

Помимо передачи данных и собственно голосового соединения, пользователям могут быть доступны такие дополнительные услуги, как постановка на ожидание, идентификация номера вызывающего абонента и трехсторонняя конференцсвязь, передача модемного трафика по телефонному каналу поверх IP и др.

Терминалы могут оснащаться батареей для обеспечения связи при пропадании электропитания.

### Предоставляемые услуги. Конфигурирование сети PON

С применением технологии пассивных оптических сетей возможно предоставление услуг передачи данных, телефонии, IPTV и услуг кабельного телевидения в комплексе.

Возможность предоставления комплексных услуг реализуется с использованием абонентского оборудования ONU/ONT.

Для организации доступа к услугам сети NGN (New Generation Network – сеть нового поколения) посредством PON используется гибридная сервисная модель. Реализация логической модели доступа к услугам сети NGN посредством PON представлена на рис. П.3.10.

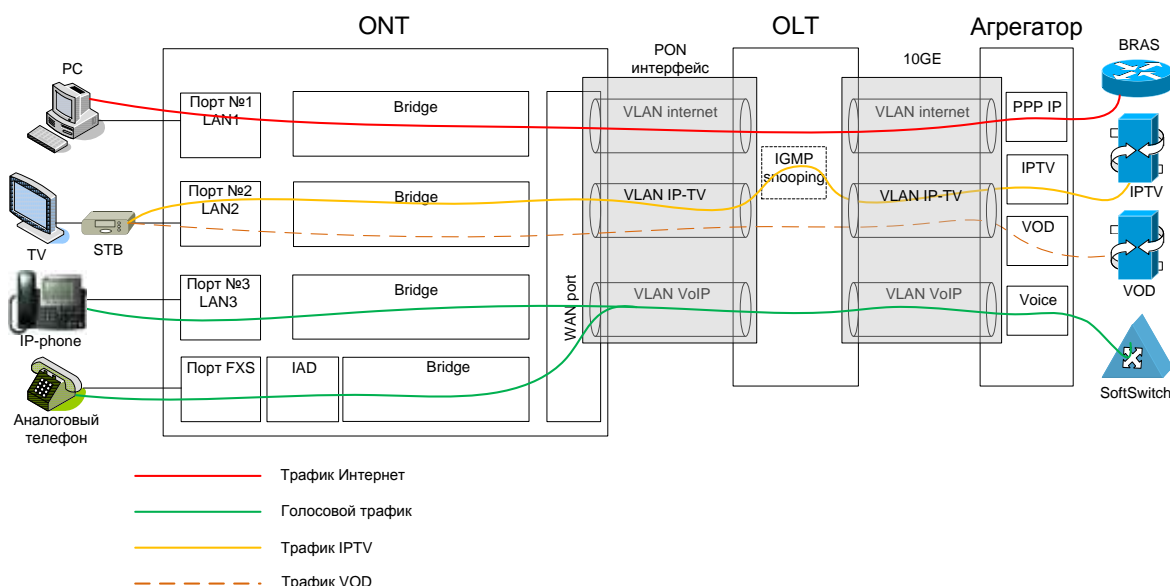


Рис. П.3.10. Реализация логической модели предоставления услуг.

PPPoE-сессия инициируется на оборудовании абонента (ПК), а индивидуальный ONT настроен в режиме Bridge. Терминация PPPoE-сессии производится на BRAS. Интернет трафик и трафик данных внутренней сети абонентов передается в рамках одной PPPoE-сессии. Для доступа к услугам Интернет виртуальному адаптеру PPPoE на оборудовании абонента, присваивается динамический публичный IP-адрес.

При организации доступа к услугам Triple Play на участках между абонентским оборудованием (ONT) и терминирующим оборудованием организуются три сервисных VLAN (реализуется сервисная модель доступа S-VLAN – Service VLAN), в рамках которых передается трафик услуг Интернет, VoIP и один VLAN для передачи трафика IPTV и VoD. На оборудовании ONT осуществляется сопоставление идентификатора физического порта для подключения абонентского оборудования и идентификатора соответствующего сервисного VLAN. Например:

- Port 1 – для подключения ПК и доступа к услуге Интернет;
- Port 2 – для подключения телевизионной приставки STB и доступа к услугам IPTV и VoD;
- Port 3 – для подключения телефона и доступа к услуге VoIP.

### Включение в сеть стационарного оборудования OLT.

В связи с тем, что OLT может обслуживать несколько тысяч абонентов, включение OLT осуществляется в оборудование агрегации трафика PE/AGG.

Общий принцип включения Uplink портов OLT в сеть следующий:

- используются 1GE и 10GE порты uplink;
- при задействовании абонентских портов на OLT в количестве 1/4 от общей емкости – включение OLT в сеть осуществляется с использованием одного порта 10GE или портов 1GE с использованием технологии агрегирования каналов;
- при задействовании абонентских портов на OLT в количестве 1/2 от общей емкости – включение OLT в сеть осуществляется с использованием двух портов 10GE с разных плат;
- при задействовании абонентских портов на OLT в количестве 3/4 от общей емкости – включение OLT в сеть осуществляется с использованием трех портов 10GE с разных плат;
- при задействовании на OLT полной абонентской емкости – включение OLT в сеть осуществляется с использованием четырех портов 10GE с разных плат.

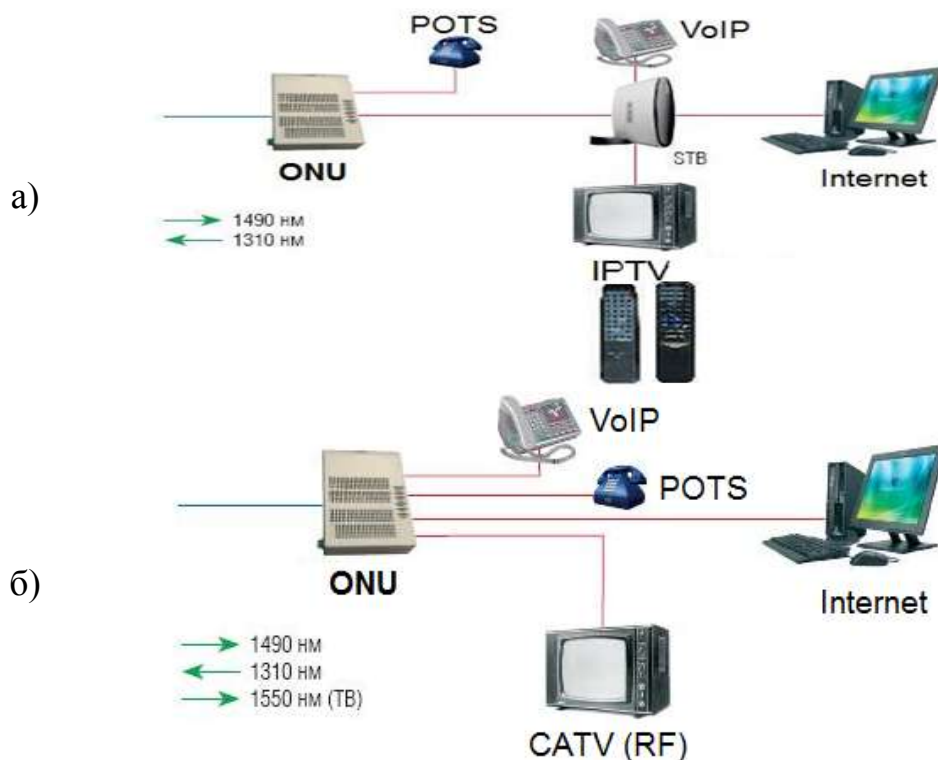


Рис.П.3.11. Предоставление услуг: а) по IP (телевизионный сигнал IPTV преобразуется в аналоговый с помощью TV-приставки STB); б) с использованием оптической поднесущей 1550 нм (TV-приёмник подключён непосредственно к ONU через разъём RF).

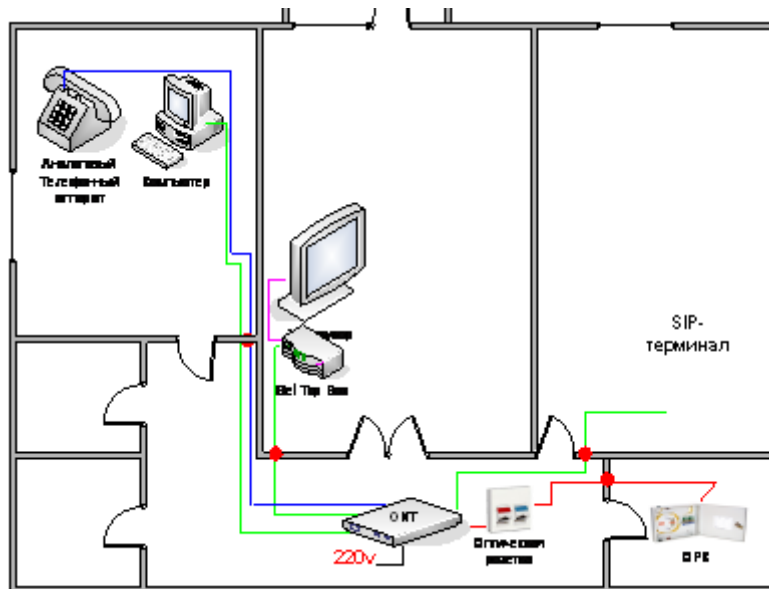


Рис.П.3.12. Схема предоставления услуг в помещении абонента.

Тип и количество интерфейсов определяется на этапе проектирования.

Для предоставления различных услуг на участке ONT-OLT используются следующие различные номера VLAN и портов ONT, например:

- VLAN 10 (порт FE №1) – для доступа абонентов в сеть ПД (для абонентов безлимитных тарифных планов PPPoE-сессия организуется на ONT, для абонентов лимитных тарифных планов – на оборудовании абонента (ПК);
- VLAN 20 (порт FE №2) – для трафика IP-TV;
- VLAN 30 (порт FE №3 или порт FXS) – для голосового трафика;

Приходящие от абонентских терминалов на OLT VLANы с использованием функции VLAN mapping перемаркируются в номера VLAN, используемых на сети филиала электросвязи для предоставления данных типов услуг.

При организации услуги VPN номера VLAN определяются отдельным техническим решением, рис.П.3.13.

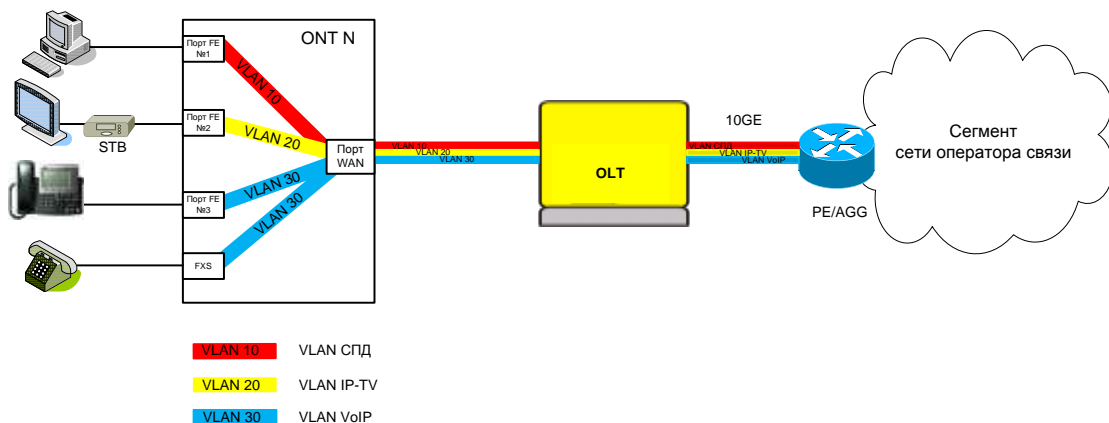


Рис.П.3.13. Назначение VLAN.

### Подключение абонента.

При поступлении заявки от абонента на предоставление услуги связи в специализированное подразделение оператора связи (ЕЦОВ, центр обслуживания клиентов) производится регистрация заявления от клиента в



базе данных абонентов (далее – БД). В случае наличия технической возможности подключения в БД прописывается порт подключения на OLT в следующем формате: f/s/p – frame/slot/port (OLT/номер платы PON/номер порта на плате PON). Кроме того, в БД заносится профиль абонента и его login.

Регистрация ONT в сети PON может осуществляться одним из двух способов:

1. По серийному номеру ONT.
2. По кодовому слову.

Серийный номер ONT, выдаваемого абоненту, заносится в БД в момент получения его монтером или непосредственно в момент установки в помещении абонента. При включении ONT в сеть в помещении абонента, ONT транслирует свой серийный номер на OLT, который передает его в систему управления оборудованием PON и в БД. БД, в соответствии с серийным номером, направляет профиль данного абонента в систему управления, которая применяет данный профиль на абонентском порту.

Кодовое слово соотносится с портом абонента на OLT. Аналогичное кодовое слово заносится в ONT в момент получения его монтером или непосредственно в момент установки в помещении абонента. При включении ONT в сеть в помещении абонента, ONT транслирует кодовое слово на OLT, где проверяется его соответствие кодовому слову, примененному на порту OLT. Из БД, в соответствии портом абонента, направляется профиль данного абонента в систему управления, которая применяет данный профиль на абонентском порту.

Реализация данной схемы показана на рисунке П.3.14.

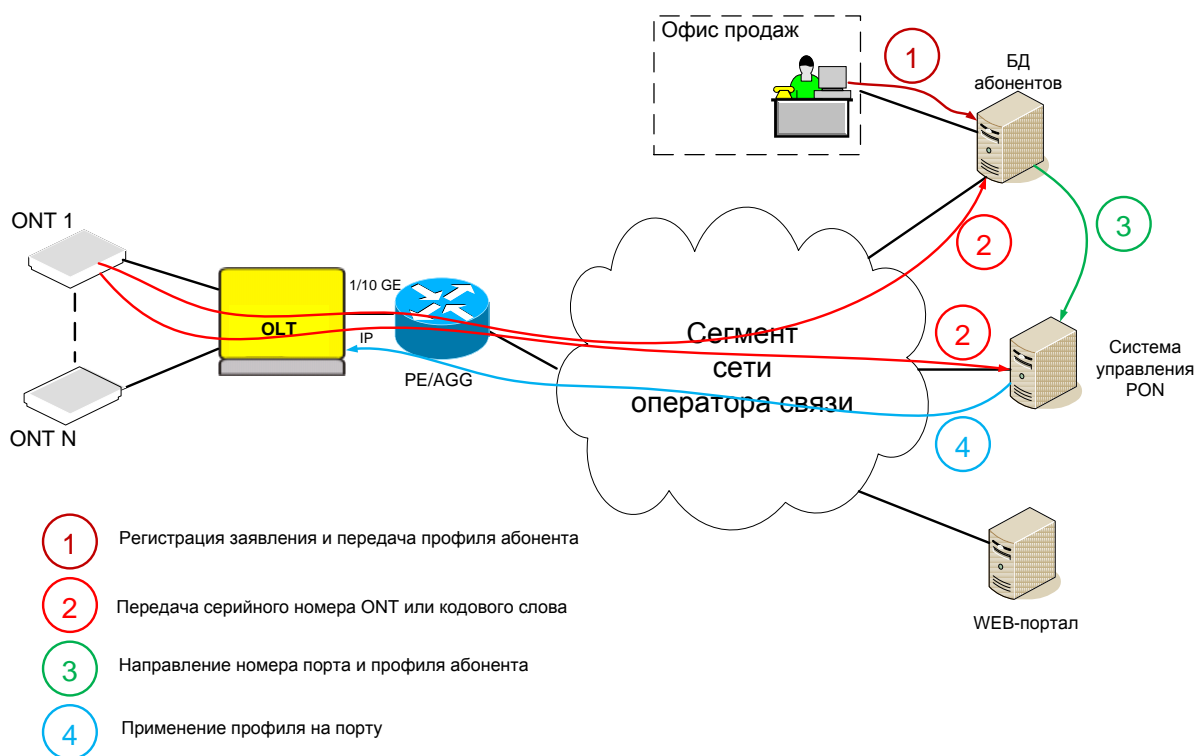


Рис.П.3.14. Подключение абонента