

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО СВЯЗИ**

**Федеральное государственное образовательное бюджетное  
учреждение высшего профессионального образования  
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ  
им. проф. М. А. БОНЧ-БРУЕВИЧА»**

---

***А.Р. Салтыков***

Методические указания  
к курсовому проектированию по дисциплине

## **ПАССИВНЫЕ ОПТИЧЕСКИЕ СЕТИ**

для студентов, обучающихся по направлениям 11.03.02  
«Инфокоммуникационные системы и сети связи»

**СПб ГУТ)))**

**САНКТ-ПЕТЕРБУРГ  
2018**

## 1. Введение

Сети PON – это семейство быстро развивающихся, наиболее перспективных технологий широкополосного мультисервисного множественного доступа по оптическому волокну. Суть технологии пассивных оптических сетей, вытекающая из ее названия, состоит в том, что ее распределительная сеть строится без каких-либо активных компонентов: разветвление оптического сигнала осуществляется с помощью пассивных делителей оптической мощности – сплиттеров. Следствием этого преимущества является снижение стоимости системы доступа, уменьшение объема необходимого сетевого управления, высокая дальность передачи и отсутствие необходимости в последующей модернизации распределительной сети.

Структурно любая пассивная оптическая сеть состоит из трех главных элементов – оптического станционного терминала OLT, пассивных оптических сплиттеров и оптического сетевого абонентского терминала/устройства ONT/ONU.

Терминал OLT обеспечивает взаимодействие сети PON с внешними сетями, сплиттеры осуществляют разветвление оптического сигнала на участке тракта PON, а ONT/ONU имеют необходимые интерфейсы взаимодействия с абонентской стороны. Технология PON может использоваться для реализации различных вариантов концепции FTTx.

История развития технологии PON началась весной 1995 г., когда группа из семи крупных операторов основала консорциум FSAN (Full Service Access Networks), главной целью которого стала разработка основ для стандартизации этой технологии и активное выведение ее на рынок. В настоящее время при активном участии этого консорциума были определены несколько разновидностей PON, основные из которых впоследствии были стандартизованы Международным союзом электросвязи.

## 2. Цель курсового проектирования

В методических указаниях описаны основные принципы проектирования сетей на базе технологии PON (Passive Optical Networks) как в городской местности и многоэтажной застройке, так и в зоне малоэтажной (частной) застройки. Содержится теоретический материал по технологии PON, нормы проектирования, требования к выбору сетевого оборудования, выбору оптического кабеля, а также основные расчеты параметров сети.

Целью курсового проектирования (КП) является исследование основных технических показателей сети широкополосного доступа (ШПД), построенной с применением технологии PON. В процессе выполнения задания необходимо сформировать исходные параметры сети ШПД PON для заданного района и рассчитать технические показатели в зависимости от варианта технического решения. Также в результате проектирования будут выполнены: расчёт оптимальной пассивной оптической сети (исходя из параметров оптического бюджета выбранных компонентов и архитектуры сети); расчёт затухания оптических абонентских линий связи.

## 3. Задание на курсовое проектирование

Исходные данные для курсового проекта выбираются из таблицы 3.1 по номеру зачетной книжки. Вариант индивидуального задания на курсовое проектирование определяется двумя цифрами двухзначного номера варианта – предпоследней  $N_1$  и последней  $N_2$ . Район для развертывания волоконно-оптической сети доступа выбирается по предпоследней цифре  $N_1$

$N_1 = 0 - 4$  - выбирается район  $X$  (выдается преподавателем!)

$N_1 = 5 - 9$  - выбирается район  $Y$  (выдается преподавателем!)

Метод прокладки волоконно-оптического кабеля выбирается по последней цифре зачетной книжки  $N_2$  из таблицы 3.2.

Таблица 3.1

№ ВАРИАНТА <i>N2</i>			0, 5	1, 6	2, 7	3, 8	4, 9
Расположение узла агрегации (OLT)							
Здания средней и большой этажности (всего 200 шт)	Кол-во подъездов	Кол-во абонентов на этаже	Кол-во зданий, (%)				
5 этажей	4	4	20	25	20	20	25
	5	4	15	15	20	15	5
9 этажей	2	4	10	10	10	15	10
	6	4	10	5	15	10	15
12 этажей	2	4	10	5	10	10	5
	3	3	10	15	10	15	10
16-20-24 этажа	2	5	20	15	10	10	20
	4	4	5	10	5	5	5
Здания малой этажности (всего 150 шт)	Кол-во абонентов в здании		Кол-во зданий, (%)				
Частный дом (коттедж)	1		50	30	40	60	70
Таунхаус	2		50	70	60	40	30
Прочие здания	Кол-во абонентов в здании		Кол-во зданий, шт				
Дет. сады, школы, ВУЗы	32		10				
Бизнес-центры	32		10				
Магазины, универмаги	1		40				
Больницы, отделения полиции, МЧС	16		15				
Кафе, рестораны, столовые	1		30				
Администрация	32		1				



Таблица 3.4

## Исходные данные (продолжение)

Тип здания	Кол-во зданий	Число абонентов на каждое здание	Кол-во оптических сплиттеров для каждого типа здания	Кол-во узлов доступа PON
1	2	3	4	5
Дет. сады, школы, ВУЗы				
Бизнес-центры				
Магазины, универмаги				
Больницы, отделения полиции, МЧС				
Кафе, рестораны, столовые				
Администрация				
<b>Всего:</b>				

#### 4. Принцип действия PON. Общие сведения.

Основная идея архитектуры PON – использование всего одного приёмопередающего модуля в OLT (англ. Optical Linear Terminal) для передачи информации множеству абонентских устройств ONT (Optical Network Terminal в терминологии ITU-T), также называемых ONU (Optical Network Unit в терминологии IEEE) и приёма информации от них. Реализация этого принципа показана на рисунке 3.1.

Число абонентских узлов, подключенных к одному приёмопередающему модулю OLT, может быть настолько большим, насколько позволяет бюджет мощности и максимальная скорость приёмопередающей аппаратуры. Для передачи потока информации от OLT к ONT — прямого (нисходящего) потока, как правило, используется длина волны 1490 нм. Наоборот, потоки данных от разных абонентских узлов в центральный узел, совместно образующие обратный (восходящий) поток, передаются на длине волны 1310 нм. Для передачи сигнала телевидения используется длина волны 1550 нм. В OLT и ONT встроены мультиплексоры WDM, разделяющие исходящие и входящие потоки.

Ввиду разнообразия возможностей по построению сетей FTTx данный вариант организации «последней мили» можно классифицировать как FTTH – оптическое волокно до квартиры.

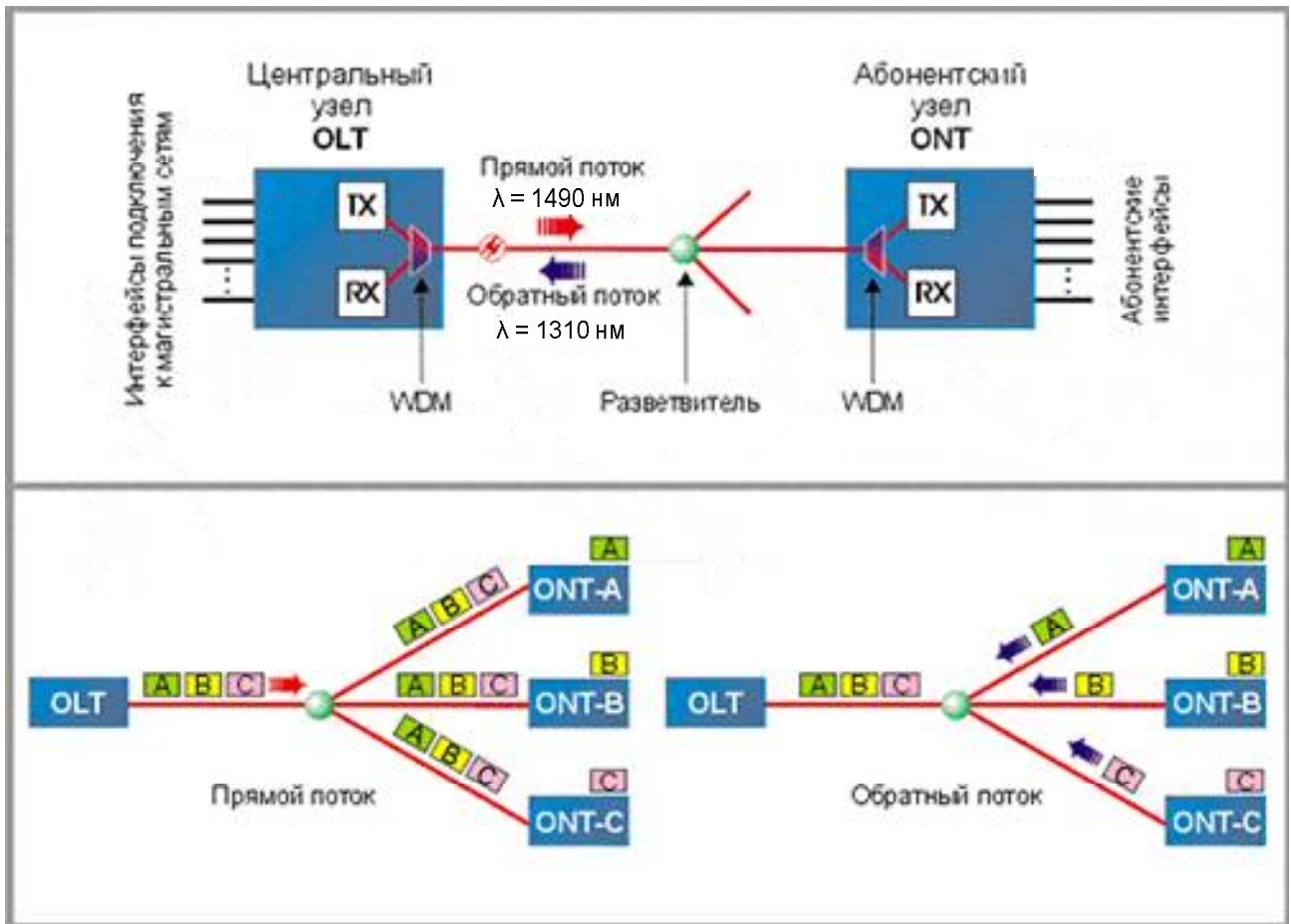


Рис.4.1. Принцип работы сети PON.

С точки зрения масштабируемости по полосе пропускания данный подход уже подразумевает достаточно высокую полосу пропускания до абонентского терминала ONT (до 40Мб/с индивидуальной полосы при установке 64 ONT на дерево GPON), но при увеличении запроса на полосу со стороны ресурсоемких услуг возможно распределение меньшего количества ONT на дерево, 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 – ONT и оптическое волокно – остается неизменной.

## 5. Расчет узла доступа и узла агрегации для технологии PON

### 5.1 Расчет узла агрегации для технологии PON

Узлы агрегации располагаются, исходя из географической привязки к существующим объектам связи – например, зданиям АТС, и объединяются в древовидную структуру магистральным оптическим кабелем (ОК) с одномодовыми ОВ. Как было описано выше, основными активными элементами структурной схемы ОСД PON являются оптический линейный терминал – OLT,

который располагается в узле агрегации, терминирует интерфейсы PON и обеспечивает распределение пользовательского трафика по услугам, и оптический сетевой модуль ONU (Optical Network Unit) (также обозначается как ONT – Optical Network Terminal – оптический сетевой терминал), который монтируется со стороны абонента. Максимальное число ONU, подключаемых к одному OLT, определяется стандартами PON P2MP (Point-to-MultiPoint – «точка-многоточка») и, в общем случае, составляет 32 или 64.

В данной работе для системы передачи PON P2MP рассматривается несколько вариантов исполнения OLT:

- Шасси высотой 9U, оснащенное 16 слотами для установки 16 интерфейсных (линейных) карт, каждая из которых поддерживает по 8 портов (деревьев) OLT. Для подключения к сети агрегации оператора связи также имеется два слота под плату коммутации с интерфейсами 10GBASE-L. Внешний вид подобного оборудования изображен на рис. 4.1.
- Коммутатор 1U («pizza box»), представляющий собой монолитную конструкцию и содержащий на одной плате как линейные интерфейсы PON для абонентского доступа, так и интерфейсы коммутационной части (1000BASE-LX/10GBASE-L). вид подобного оборудования изображен на рис. 5.2.



Рис.5.1. Внешний вид коммутатора OLT PON в конструктиве шасси (коммутатор GPON OLT MA4000-PX производства ООО «Предприятие «Элтекс», Россия).





Рис. 5.2. Внешний вид коммутатора OLT в конструктиве 1U (*коммутатор GPON OLT SI3000PoPo производства компании ISKRATEL, Словения*).

Структурная схема, отражающая подход к комплектации узла агрегации, представлена на рис. 5.3.

## 5.2 Расчет узла доступа для технологии PON

В случае многоэтажной застройки представляется целесообразным в каждом подъезде развертывать узел доступа с последующей установкой 2 и более оптических сплиттеров. Для зданий застройки средней этажности – организовывать 1 узел доступа, при этом используя в качестве окончательных распределительных устройств антивандальные оптические настенные боксы. В свою очередь, малоэтажная застройка не требует организации узлов доступа, т.к. в условиях применения топологии «дерево» в качестве распределительных устройств используются разветвительные оптические муфты, в которые устанавливаются оптические сплиттеры с коэффициентом деления 1x4.

Таким образом, при построении оптической распределительной сети используется 2-каскадная или 3-каскадная схема деления оптического сигнала. В качестве первого уровня разветвления, в точке присутствия, на расстоянии  $l_m$  устанавливается первый оптический сплиттер с соответствующим коэффициентом деления. В подъезде жилого дома в вандалозащищенных оптических распределительных шкафах (при многоэтажной городской застройке) или в распределительной муфте непосредственно перед подключаемым домом или группой домов (при частной коттеджной застройке) устанавливается второй (и третий – при необходимости) оптический сплиттер с соответствующим коэффициентом деления, которые обеспечивают создание оптической разветвленной древовидной архитектуры.

Допускается применение следующих схем деления оптического сигнала:

- Для городской застройки с количеством абонентов больше 250:
  - 1:2 1:4 – первый уровень разветвления;
  - 1:32, 1:16 – второй уровень разветвления

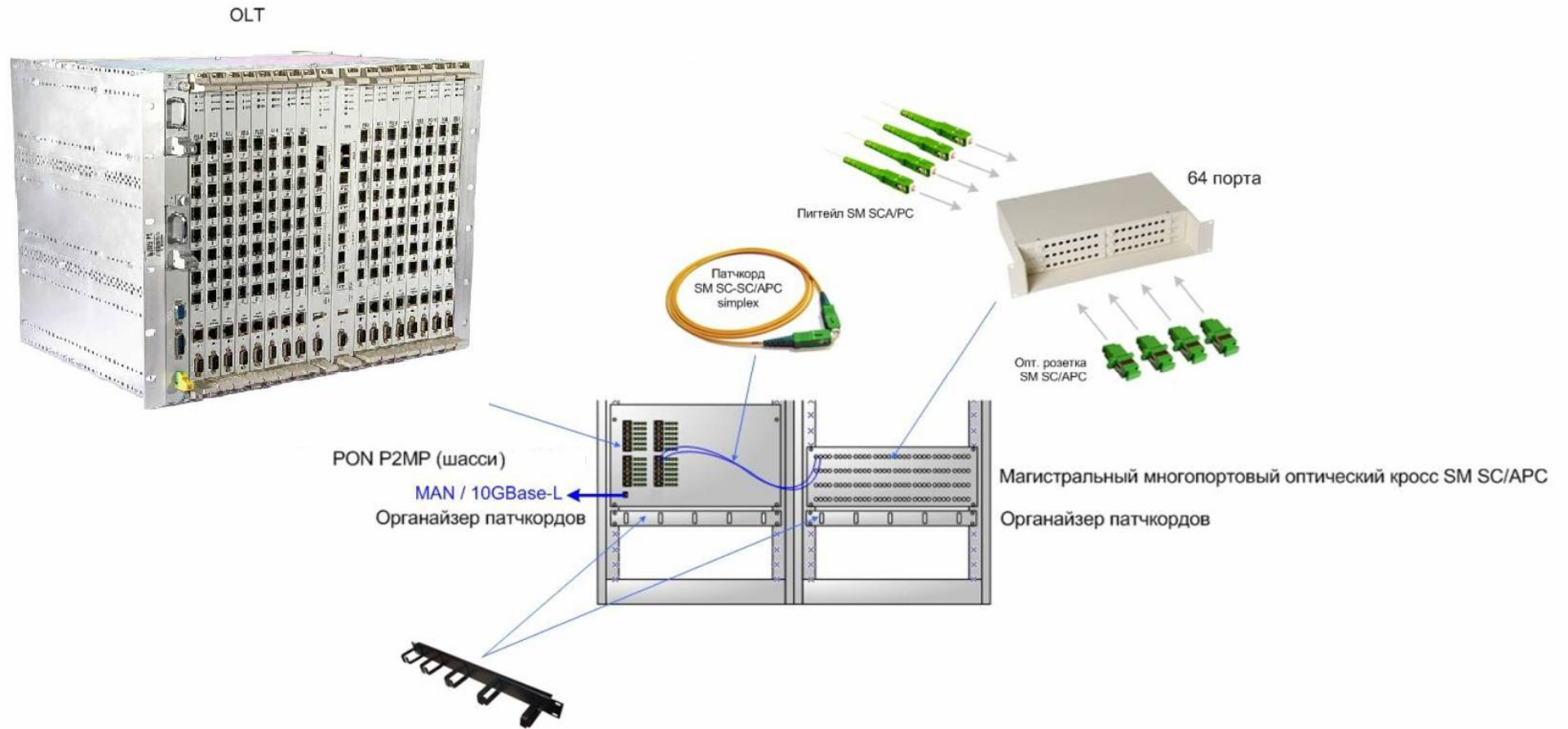


Рис. 5.3. Стандартная комплектация узла агрегации по технологии PON.

- Для малоэтажной частной застройки и домов с малым количеством абонентов городской застройки с количеством абонентов менее 250:
  - 1:4, 1:8 – первый уровень разветвления;
  - 1:4, 1:8, 1:16 – второй уровень разветвления;
  - 1:4, 1:2 – третий уровень разветвления (при необходимости!)

При этом необходимо помнить, что количество абонентов на одно «дерево» PON OLT не должно превышать 64 – при городской застройке, 128 – при частной застройке. Подключение абонентов осуществляется посредством оптического кабеля. Общая схема организации связи представлена на рисунке 5.4.

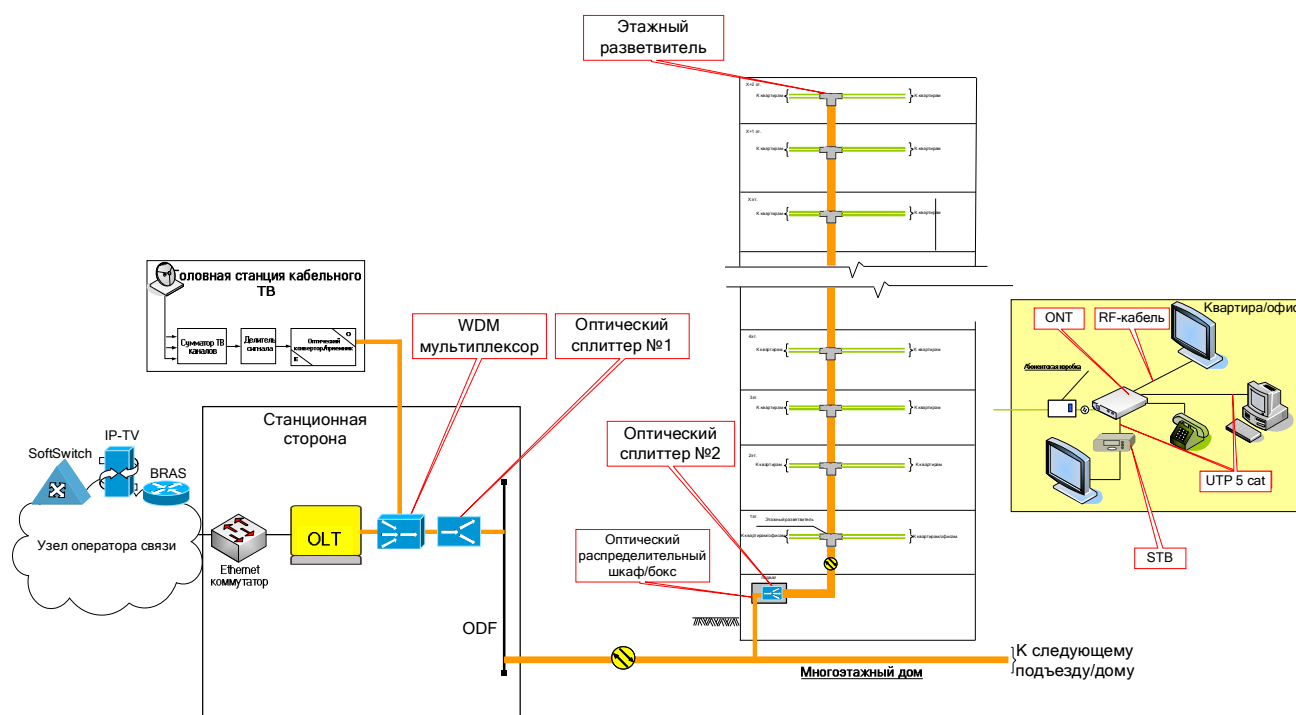


Рис. 5.4. Типовая функциональная схема организации связи по технологии PON при городской (многоэтажной) застройке.

Один из вариантов структурной схемы по комплектации узла доступа PON P2MP в условиях многоэтажной застройки приведена на рис. 5.5. Ключевым элементом является оптическая панель с оптическим сплиттером, вход и выходы которого выведены на соответствующие порты панели, которые коммутируются с помощью оптических патчкордов с портами магистрального и абонентского оптических кроссов. Абонентские ОК вводятся непосредственно в абонентский оптический кросс. Одно ОВ абонентского ОК выводится на порт кросса, другое остается в резерве – также выкладывается в кассете или корпусе КРС. Второй конец абонентского ОК прокладывается до рабочего места пользователя и оконцовывается непосредственно в оптической телекоммуникационной розетке.

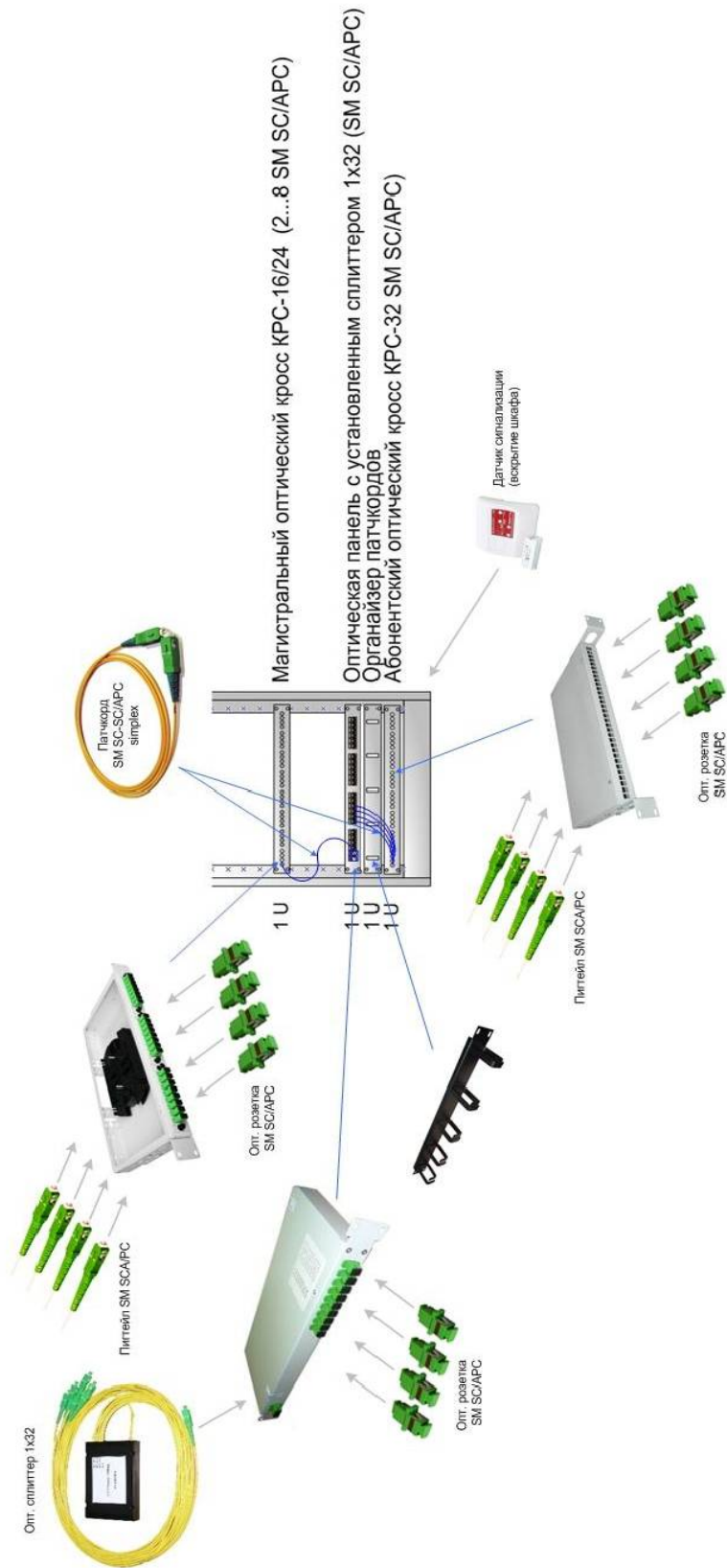


Рис. 5.5. Вариант комплектации узла доступа по технологии PON (со сплиттером 1:32).

Для зданий средней этажности, когда один узел доступа обеспечивает подключение абонентов из других подъездов, схема рис. 5.5. может быть дополнена распределительным внутриобъектовым ОК или даже самонесущим ОК, прокладываемым по чердачным помещениям, и распределительным пассивным коммутационным устройством, представляющим собой оптический кросс настенного типа (КРН) в антивандальном исполнении.

При малоэтажной застройке, соответствующей, например, коттеджным поселкам или таунхаусам, при построении PON P2MP используется топология «дерево», которая не предусматривает наличие, как таковых, узлов доступа. Структурная схема PON P2MP для рассматриваемых условий представлена на рис. 5.6.

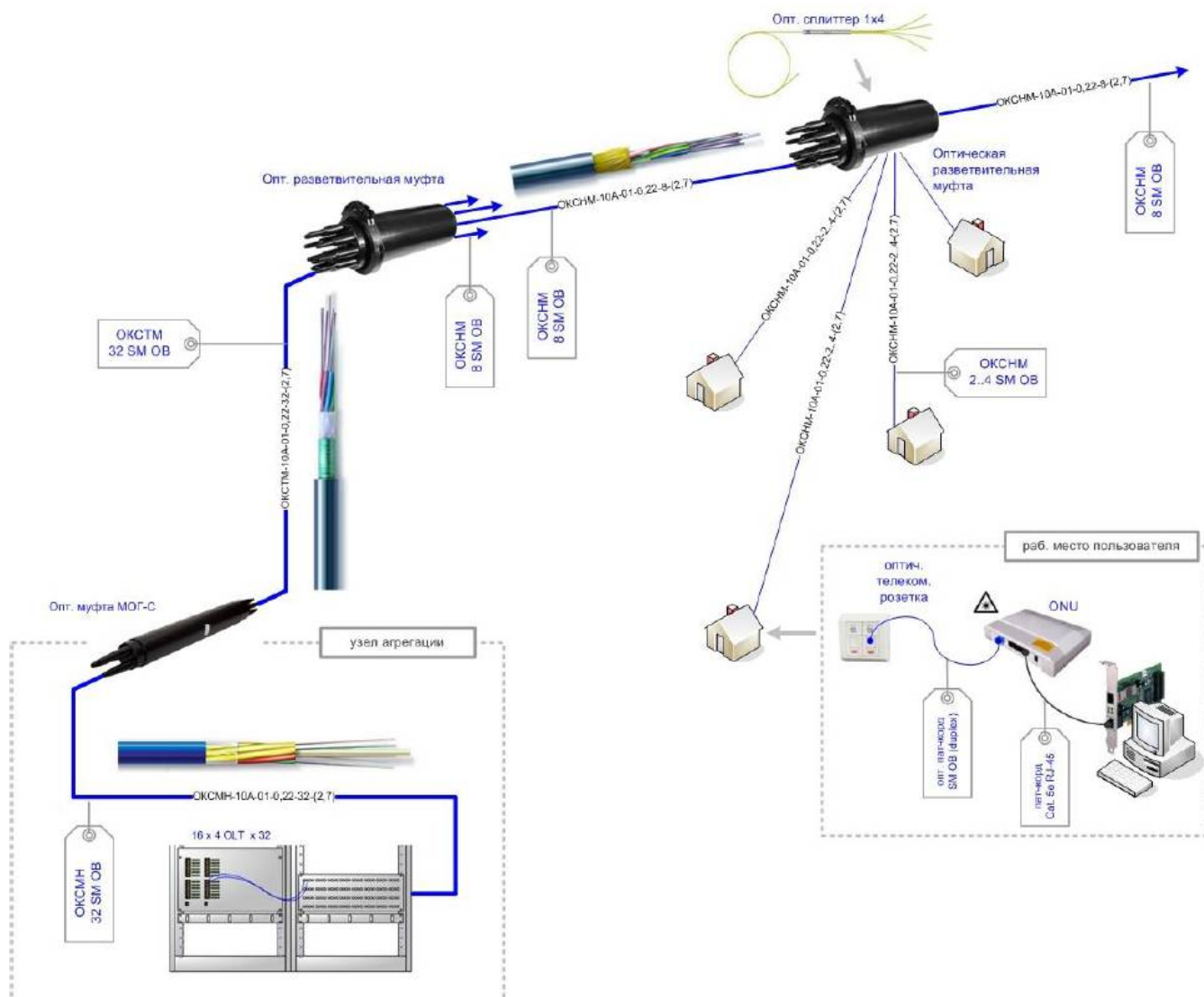


Рис. 5.6. Структурная схема кабельных магистралей PON P2MP топологии «дерево» в условиях малоэтажной застройки.

Микрорайон условно разбивается на подкластеры, которые, с учетом соотношения 1:32 OLT включают по 32 объекта. В этом случае один подобный кластер охватывается магистральным ОК с 8-ю ОВ. В каждом подкластере выделяется по 4 здания, с учетом привязки местоположения кабельной инфраструктуры – в данном случае на расстоянии одного-двух пролетов от опоры освещения, на которой размещается разветвительная муфта. В муфте осуществляется монтаж 2 магистральных и 4 абонентских ОК. По одному волокну последних подваривается к ОВ выходов оптического сплиттера 1x4. Волокно «приходящего» магистрального ОК соответствующего номера «N» сращивается с ОВ входа сплиттера. При этом волокна обоих магистральных ОК с номерами 1...(N-1) выкладываются запасом в кассете или удаляются из модуля, в то время как остальные ОВ с номерами «N+1»...8 сращиваются друг с другом транзитом. Таким образом, в условиях малоэтажной застройки роль распределительного устройства выполняет непосредственно разветвительная муфта, в которой и устанавливается оптический сплиттер.

Сводный перечень компонентов сети PON P2MP представлен в табл. 5.1, а обобщенная структурная схема PON в условиях застройки зданиями большой и средней этажности – на рис. 5.7.

Таблица 5.1

№ пп	ОСД PON
1	2
1.	Узел агрегации (станционная сторона)
1.1	Коммутатор OLT (шасси или 1U)
1.2	Оптические модули OLT (SFP GPON OLT)
1.3	Магистральный оптический кросс / SM оптические розетки
1.4	Патчкорд SM ОВ
2.	Магистральный ОК – SM ОВ
3.	Узел доступа
3.1	Настенный антивандальный шкаф
3.2	Магистральный оптический кросс / SM оптические розетки
3.3	SM оптический сплиттер необходимой и достаточной емкости (1:N)
3.4	Абонентский оптический кросс / SM оптические розетки
3.5	Патчкорд SM ОВ «вход сплиттера – магистральный оптический кросс»
3.6	Патчкорд SM ОВ «выходы сплиттера – абонентский оптический кросс»
4.	Абонентская разводка: распределительный оптический кабель SM ОВ
5.	Абонентский комплект
5.1	Оптическая телекоммуникационная розетка (SM)
5.2	GPON ONU (ONT)
5.3	Патчкорд UTP/FTP Cat. 5e/6 RJ-45
5.4	Патчкорд абонентский SM ОВ



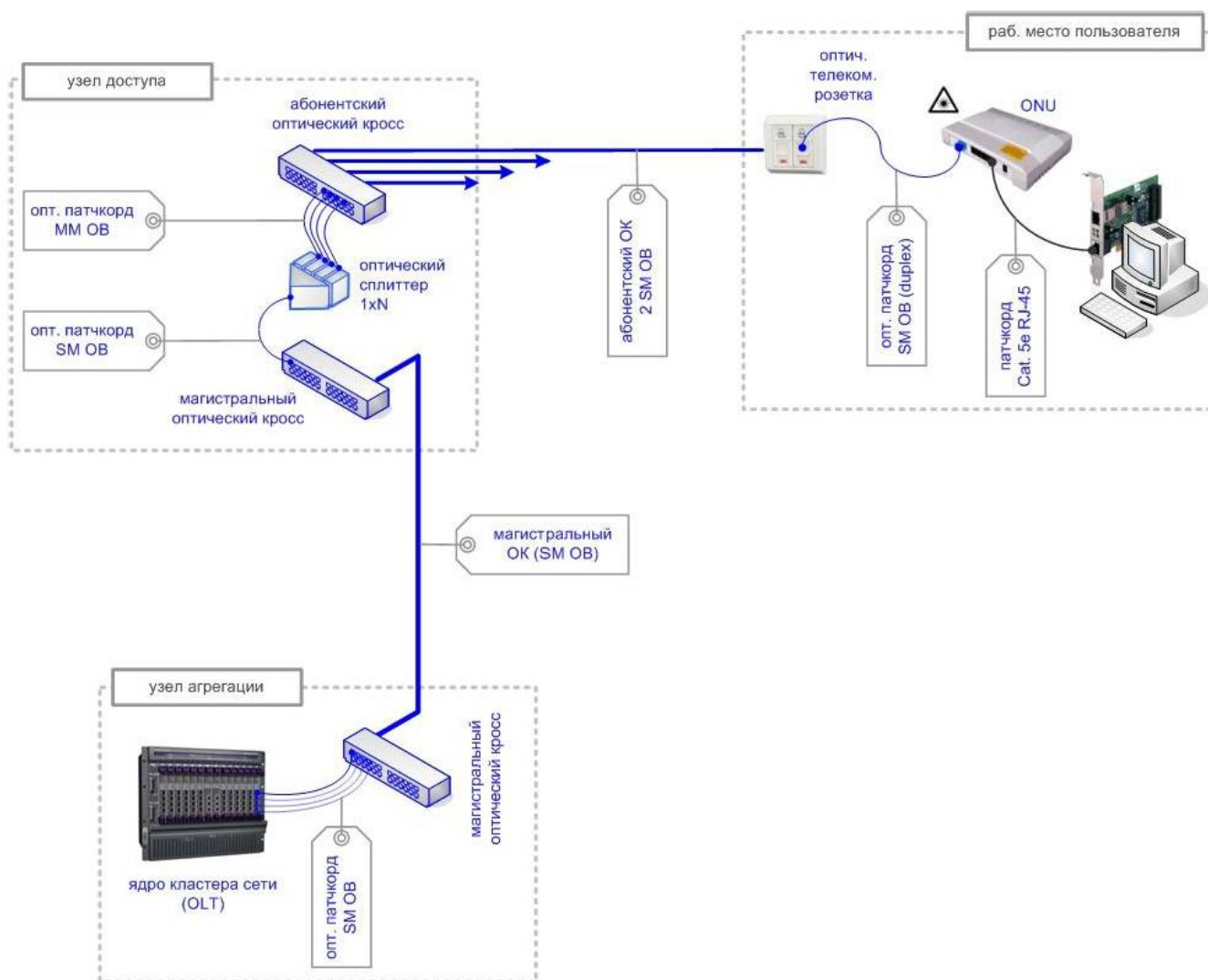


Рис. 5.7. Структурная схема кластера ОСД PON в условиях много- и среднеэтажной городской застройки.

## 6. Расчет линейно-кабельных сооружений для технологии PON

Структурная схема кабельных магистралей PON P2MP для описанного случая приведена на рис. 6.1. Здесь также рассмотрена возможность применения магистрального ОК «переменной» емкости, что обеспечивается за счет особенностей топологии «шина» – через каждые 8 узлов доступа число волокон ОК может быть уменьшено также на 8 ОВ. Очевидно, что увеличение числа

сплиттеров в одном узле доступа приводит либо к пропорциональному увеличению количества волокон в магистральном ОК, либо, напротив, пропорциональному уменьшению числа охватываемых узлов доступа при фиксированном количестве волокон.

При формировании структурной схемы кабельных магистралей используется 3 типа ОК:

- на территории узла агрегации – внутриобъектовый кабель в оболочке, не поддерживающей горение;
- на соединительных линиях «узел агрегации – узел доступа №1», ОК, предназначенный для прокладки в телефонной канализации;
- на магистральных соединительных линиях «узел доступа N – узел доступа N+1» – ОК самонесущей конструкции с креплением к парапету или фасаду здания соответствующими комплектами натяжных зажимов спирального типа.
- в пределах жилого здания магистральный ОК для внешней прокладки – ОК для прокладки в кабельной канализации или самонесущий ОК от места ввода в здание до узла доступа устанавливается в ПВХ гофротрубке диаметром  $d=20$  мм;
- при наличии двух узлов доступа на одном объекте, что соответствует жилому зданию несколькими подъездами, магистральный самонесущий ОК прокладывается между соседними узлами доступа по чердачным помещениям также в ПВХ гофротрубке  $d=20$  мм.

Также на рис. 5.7 показаны абонентские линии в пределах одного подъезда, реализуемые на основе внутриобъектового ОК безгидрофобной конструкции с буферным 900 мкм полиэтиленовым покрытием ОВ емкостью 2...4 волокна.

Распределение волокон магистрального ОК осуществляется следующим образом. В каждом узле доступа в магистральный оптический кросс вводятся два ОК, условно обозначаемые «приходящий» (от узла доступа № «N-1») и «уходящий» (к узлу доступа № «N+1»). Согласно схеме распределения волокон, ОВ с заданным номером «приходящего» ОК оконцовываются на портах (порту) кросса. Так, например, исходя из схемы рис. 3.14., не предполагающей резервирование и установку более 1 сплиттера в один узел доступа, на соответствующий (первый) порт магистрального кросса выводится волокно с номером «N», идентичным номеру узла доступа «N». При этом все волокна «приходящего» ОК с номерами 1...(N-1) выкладываются в кассетном пространстве без каких либо соединений, либо просто удаляются из модуля, а волокна с номерами 1...(N+1) срываются транзитом с волокнами «уходящего» ОК. Благодаря особенностям топологии «шина», емкость «уходящего» ОК может быть меньше на 4...8 и более волокон – внедрение подобной схемы с изменением числа ОВ магистрального ОК, в основном, определяется наличием кабельной



продукции соответствующей емкости на складе оператора, поэтому не всегда является целесообразным. Как результат, нередко «шина» подкластера сети реализуется с применением ОК одной емкости. В этом случае  $1...(N+1)$  ОВ «уходящего» ОК также выкладываются запасом в кассете, либо удаляются из оптических модулей. При смене емкости ОК данная процедура обратно пропорциональна разнице числа волокон. Понятно, что если требуется вывод более одного ОВ на порт магистрального кросса – либо под дополнительные оптические сплиттеры, либо в целях резервирования, эти пропорции также будут сохраняться с учетом поправки на общее число ОВ «приходящего» ОК, выводимых на порты магистрального кросса.

## **7. Расчет приведенных затрат на реализацию кластера сети доступа по технологии PON**

### **7.1. Общее описание подхода к оценке эффективности проекта**

В общем случае, подавляющее большинство методов оценки экономической эффективности внедрения того или иного технического решения реализации как отдельного фрагмента так и заданной сети ШПД в целом можно условно разбить на две большие группы, которые базируются на «локальном» и «глобальном» подходах, соответственно.

К первым непосредственно относится оценка финансовых затрат на материалы и СМР, необходимых для реализации конкретного проекта. Данный подход фактически представляет собой анализ результатов расчета совокупности локальных смет, составленных с высокой детализацией и позволяющих учесть все технические особенности проектных решений по тому или иному объекту, выявленные на стадии проведения предпроектных изысканий. Часто выбор и обоснование технологии осуществляется путем сопоставления разработанных пилотных проектов, включающих в себя укрупненный расчет стоимости материалов и СМР. Но в этом случае рассматриваемые решения привязываются к конкретным исходным данным по объектам проектирования, полученным, например, из технического задания, и некоторой вспомогательной информации из дополнительно предоставленных материалов. Ко второй группе относятся глобальные бизнес-модели позволяющие не только оценивать уровень финансовых инвестиций и оптимизировать структуру сети – от схемы распределения волокон до схемы организации связи отдельного проекта, но и осуществлять прогнозирование потребления трафика, управлять динамикой изменения тарифов на основе анализа состояния рынка, оценивать риски и пр. Степень детализации частных технических решений, равно как и проработка функций геомаркетингового прогноза, формирования портфеля рисков и т.п. определяются возможностями самой комплексной модели соответствующего разработчика. Подобные бизнес-модели нередко реализуются в виде

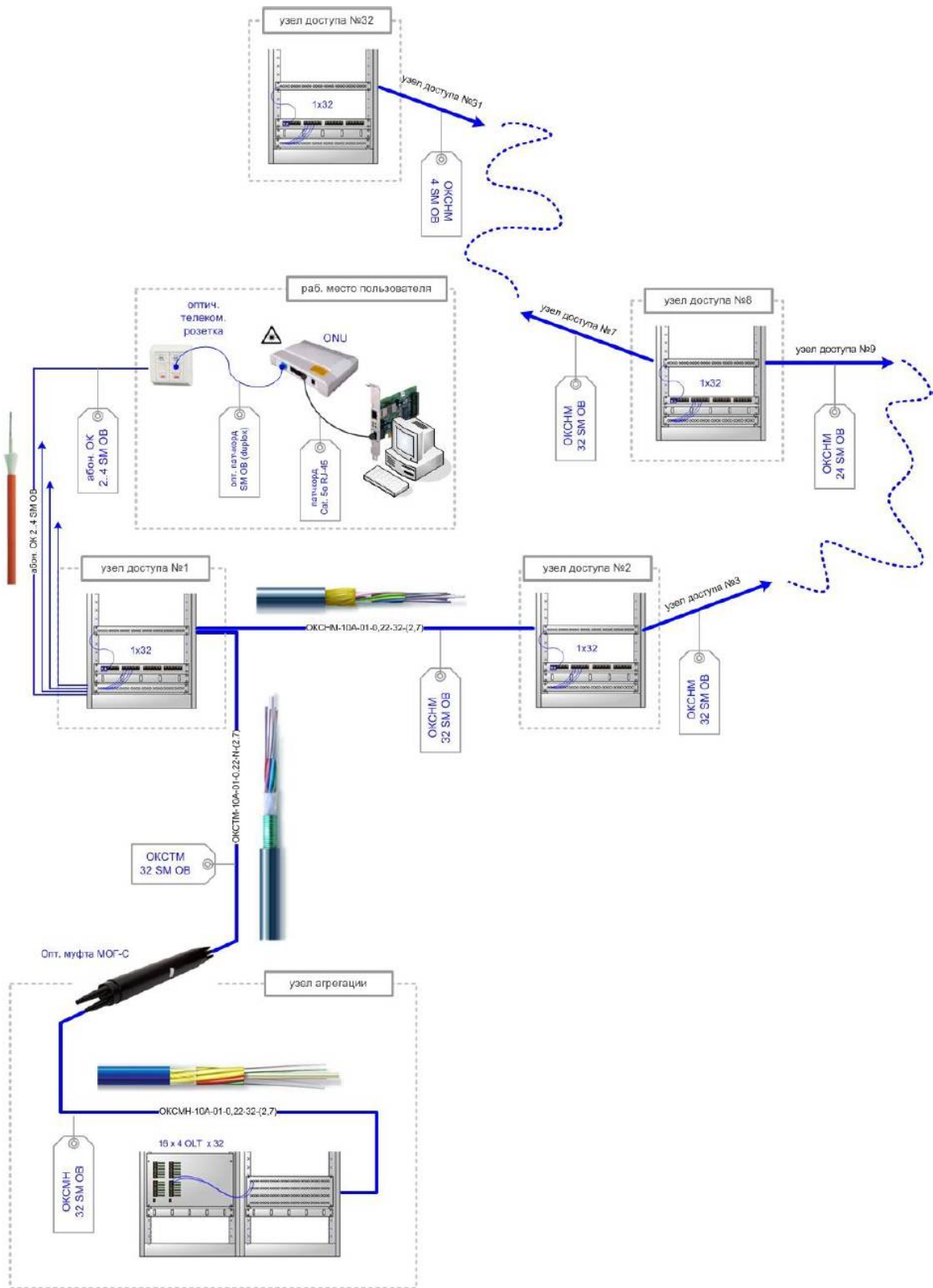


Рис. 6.1. Структурная схема кабельных магистралей PON в условиях многоэтажной городской застройки.

коммерческих программных продуктов, достаточно широко представленных на современном рынке телекоммуникаций.

Однако в данном курсовом проекте применение любого из двух рассмотренных подходов представляется достаточно проблематичным. Во-первых, основной целью является выявление условий, при которых внедрение одной архитектур FTTx является целесообразным, а не выбор и обоснование конкретного проектного решения для заданного кластера сети. Поэтому оценка затрат на внедрение соответствующей технологии должна проводиться при заданном изменении некоторых усредненных параметров исходных данных – например, числа абонентов, процентного соотношения этажности зданий квартальной застройки кластера, расстояния между домами и пр., и применение подхода на базе расчета локальных смет в отсутствии детализации проекта не представляется возможным. С другой стороны, использование комплексных методов на основе глобальных бизнес моделей в данном случае является нецелесообразным, так как геомаркетинговый прогноз выходит за рамки данной работы, а процедуры оптимизации сети или ее отдельного фрагмента также требует ввода конкретных исходных данных.

Выбранная модель представляется наиболее оптимальной для использования после адаптации и соответствующей модификации в рамках разработки методики оценки целесообразности архитектуры FTTx кластера сети широкополосного доступа коттеджного поселка, с точки зрения следующих признаков:

- достаточно высокая детализация технических решений реализации рассматриваемых вариантов архитектуры внутриобъектовой LAN, что позволяет эффективно использовать данный подход к воспроизведению абонентской разводки FTTH;
- выделены три зоны сети, по которым проводятся расчеты итоговой стоимости, которая складывается из расходов на материалы, активного оборудования, его компонентов и, соответственно, СМР: 1) Абонентский сегмент; 2) этажное помещение/конструктив; 3) коммутационный центр, где находятся магистральные патч-панели и центральный коммутатор (ядро сети);
- наличие возможности проведения расчетов при изменении ряда исходных данных – плотности подключений пользователей, средней длины кабеля магистрали и пр. – без привязки к конкретному объекту, но также при упомянутой выше достаточно высокой детализации, учитывающей особенности технических решений реализации той или иной архитектуры;
- введен интегральный параметр «цена за порт» – «\$/port», который обобщается как по выделенным зонам LAN, так и отдельным позициям спецификации материалов и перечня СМР.

## 7.2. Расчет приведенных затрат

В качестве исходных данных для расчета средних затрат на проект сети ШПД рекомендуется принять следующие параметры:

- Число зданий микрорайона в пределах кластера сети ШПД непосредственно определяется этажностью квартальной застройки и площадью охватываемой территории согласно заданному варианту;
- Число подключаемых абонентов в одном здании – зависит от этажности и числа подъездов зданий застройки кластера;
- Общее число подключаемых абонентов в кластере – также определяется количеством зданий в микрорайоне, числом подъездов и этажностью застройки;
- Этажность застройки – рассматривается 4 типа квартальной застройки следующего характера: малоэтажная (коттеджные поселки и таунхаусы); среднеэтажная; многоэтажная и различные организации (больницы, ВУЗы, магазины и т.д. и т.п.);
- Число подъездов в одном здании – рассматриваются следующие объекты жилого фонда с числом подъездов – 1 подъезд (малоэтажная застройка); 6 подъездов (среднеэтажная застройка); 3 подъезда (многоэтажные здания);
- Число разворачиваемых узлов доступа на одно здание – рассматриваются следующие варианты: 1...3 узла (малоэтажная застройка – коттеджи и таунхаусы); 2 узла (среднеэтажная застройка); 1 узел на каждый подъезд (многоэтажная застройка);
- Число разворачиваемых дополнительных распределительных устройств на одно здание (по необходимости);
- Средняя длина магистральной линии «узел агрегации – узел доступа №1», прокладываемой в каналах телефонной канализации – 100...800 м (выбирается по карте – задание выдает преподаватель);
- Средняя длина магистральной линии «узел доступа N – узел доступа N+1», инсталлируемой с применением ОК самонесущей конструкции в пролетах между зданиями с креплением к фасаду или парапету объекта – 50-200 м (определяется по карте);
- Поправка на усредненную длину кабельной магистрали на один объект, прокладываемой на территории узла агрегации и здания – 10% от средней длины магистральной линии «узел доступа N – узел доступа N+1» с использованием внутриобъектового ОК в оболочке, не поддерживающей горение, что составляет 10 м;

- Средняя длина абонентской линии «узел доступа/распределительное устройство – абонентский сегмент в пределах одного подъезда одного здания – определяется непосредственно этажностью объекта – 15...90 м;
- Средняя длина кабельной инфраструктуры абонентской кабельной подсистемы на 1 этаж, представляющей собой трубы ПВХ жесткой конструкции диаметром  $d=40$  мм для среднеэтажной и  $d=50$  мм для многоэтажной застройки (определяется этажностью здания);
- Средняя длина металлорукава диаметром  $d=20$  мм на 1 узел доступа для прокладки провода питания от щитовой здания или этажного распределительного щитка до узла доступа – 20 м;
- Средняя длина провода питания и провода заземления на 1 узел доступа;
- Число задействованных волокон в магистральном ОК на одно здание – определяется архитектурой и топологией FTTx – 1...8 ОВ;
- Емкость магистрального ОК – определяется архитектурой и топологией FTTx, а также числом подключаемых абонентов одном здании – 8...96 ОВ;
- Коэффициент деления оптических сплиттеров – определяется топологией PON P2MP, характером квартальной застройки и числом подключаемых абонентов в здании и коэффициентами деления 1x32, 1x16, 1x8, 1x4.

Приветствуется как обоснованная корректировка вышеприведенных, так и учет дополнительных параметров, исходя из знаний и практических навыков, полученных студентом в период прохождения соответствующего курса дисциплины.

Результаты расчета затрат отдельных зон кластера ОСД PON необходимо свести в табл. 7.1.

Таблица 7.1

№ пп	Наименование и характеристика	Зона кластера сети ШПД				
		Материалы / активное оборудование / СМР				
		Кол-во/ порт	Кол-во	Цена, руб. с НДС	Руб./ порт	Всего, руб. с НДС
1	2	3	4	5	6	7

Сводные таблицы с перечнем активного оборудования, материалов и СМР отдельных зон кластера ОСД PON для расчета затрат выдаются преподавателем.

Сводные результаты расчета затрат на реализацию PON кластера сети ШПД микрорайона, свести в табл. 7.2.

Таблица 7.2

№ пп	Наименование			Стоимость, руб. с НДС 18%	Цена за один порт с НДС, руб/порт
1	2	3	4	5	6
1.	Магистральная кабельная подсистема	Материалы			
2.		СМР			
3.		Итого			
4.	Узел агрегации (станционный участок)	Материалы			
5.		СМР			
6.		Итого			
7.	Распределительная кабельная подсистема	Материалы			
8.		СМР			
9.		Итого			
10.	Узел доступа	Материалы			
11.		СМР			
12.		Итого			
13.	Абонентская кабельная подсистема	Материалы			
14.		СМР			
15.		Итого			
16.	<b>ВСЕГО:</b>				

Закладываемые значения по стоимости кабельной продукции, СМР магистрального ОК, в том числе на установку ОК и монтаж оконечных кроссовых устройств, а также отдельные материалы и СМР распределительной сети и узла доступа, а также коммерческая информация по активному оборудованию берутся из прайс-листов ряда вендоров, дистрибьютеров и компаний-инсталляторов, представленных в свободном доступе на соответствующих Интернет-сайтах и в других открытых источниках информации.

## Литература

1. Горнак А. Новые горизонты PON // Технологии и средства связи, 2009. №4.
2. Пассивные оптические сети PON. Часть 1. Архитектура и стандарты // Lightwave, 2004. №1.
3. Требования к комплексу Работ, включая передаваемое (предоставляемое) оборудование OLT, вспомогательное оборудование, необходимых для реализации проекта «Строительства сетей ШПД по технологии GPON в ОАО «Ростелеком» в 2013 году». – Санкт-Петербург: ОАО «Ростелеком»
4. Kramer L. Ethernet passive optical networks. – New York: McGraw-Hill, 2005. – 308 p
5. Петренко И.И., Убайдуллаев Р.Р. Пассивные оптические сети PON // Фотон-Экспресс. – 2005. – №1(41). – С. 14 – 18.
6. Петренко И.И., Убайдуллаев Р.Р. Пассивные оптические сети PON. Часть 3. Проектирование оптимальных сетей // Lightwave Russian Edition. – 2004. – №3. – С. 21 – 28.
7. Семенов А.Б. Волоконно-оптические подсистемы современных СКС. – М.: Академия АйТи; ДМК Пресс, 2007. – 632 с.
8. Гаскевич Е. Оптические сети многоэтажного дома. Ключевые характеристики и определения для кабельной подсистемы // Технологии и средства связи. – 2010. – №3.
9. Направляющие системы электросвязи: Учебник для вузов. В 2-х томах. Том 1. – Теория передачи и влияния / В.А. Андреев, Э.Л. Портнов, Л.Н. Кочановский; Под редакцией В.А. Андреева. – 7-е изд., перераб. и доп. – М.: Горячая линия – Телеком, 2009. – 424 с.
10. Направляющие системы электросвязи: Учебник для вузов. В 2-х томах. Том 2. – Проектирование, строительство и техническая эксплуатация / В.А. Андреев, А.В. Бурдин, Л.Н. Кочановский, Э.Л. Портнов, В.Б. Попов; Под редакцией В.А. Андреева. – 7-е изд., перераб. и доп. – М.: Горячая линия – Телеком, 2010. – 424 с.