

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Юго-Западный государственный университет»
(ЮЗГУ)

Кафедра космического приборостроения и систем связи



Проректор по учебной работе
О.Г. Локтионова
02 2018 г.

СХЕМЫ ЦЕПЕЙ, КАБЕЛИ И ОБОРУДОВАНИЕ

Методические указания
по подготовке и проведению практического занятия
для студентов, обучающихся по специальности
11.04.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи»
по дисциплине «Проектирование оптических систем доступа»

Курск 2018

УДК 004.716

Составители: А.А. Гуламов, А.С. Рыжих

Рецензент

Доктор технических наук, старший научный сотрудник,
профессор кафедры КПиСС *В.Г. Андронов*

Схемы цепей, кабели и оборудование: методические указания по подготовке и проведению практического занятия / Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: А.А. Гуламов, А.С. Рыжих.- Курск, 2018.- 19 с.: ил. 7.

Методические указания по выполнению работы содержат краткие теоретические сведения о методике выбора оборудования и кабельной продукции, а также перечень вопросов для самопроверки изучаемого материала.

Полученные знания в результате выполнения работы дают возможность сформировать целостную картину информационного взаимодействия в современных телекоммуникационных системах доступа. Данное методическое указание направлено на формирование у студентов следующих профессиональных компетенций: ПК-6, ПК-12.

Методические указания соответствуют требованиям рабочей программы дисциплины «Проектирование оптических систем доступа», утверждённой методическими комиссиями по направлению подготовки 11.04.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи».

Предназначены для студентов, обучающихся по направлению подготовки 11.04.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи» по дисциплине «Проектирование оптических систем доступа» очной и заочной формы обучения.

Текст печатается в авторской редакции

Подписано печать 14.02.18. Формат 60x84/16.

Усл. печ. л. 0,93 .Уч.-изд. л. 0,74 . Тираж 100 экз. Заказ. 1000 Бесплатно

Юго-Западный государственный университет.

305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94

1 Цель работы

Изучить схемы цепей, кабели и оборудование для оптических сетей доступа

2 Краткие теоретические сведения

2.1 Выбор коммутационного оборудования

Для обоснованного выбора коммутационного оборудования сети доступа необходимо составить таблицу с указанием основных технических характеристик сравниваемых образцов и стоимостных показателей. Пример данных коммутаторов Ethernet для выше приведённых расчётов представлен в таблице 1. При этом предполагается, что все 100 терминалов пользователей подключаются в СД через интерфейсы 100BASE-TX.

Таблица 1 – Примеры характеристик коммутаторов Ethernet для сетей доступа

	Функции коммутатора / модель	ES-2108-LC	ES-2048	ES-3124PWR
1	Коммутация на уровне L2/L2+	*	*	*/*
2	Интерфейсы			
	RJ-45 10/100 Base-TX, фиксир.	8	48	-
	RJ-45 10/100 Base-TX POE, фиксир.	-	-	24
	RJ-45 10/100/1000 Base-TX, фиксир.	-	-	2
	Dual personality (RJ-45 1000 Base-T)	-	2	2
	Dual personality (или SFP)	1	-	-
	Порты 100 FX оптоволокно, фиксир.	1	-	-
	SFP - слоты	1	-	-
3	Производительность			
	Скорость коммутирующей матрицы, Гбит/с	5,6	17	12,8
	Пропускная способность кадров в секунду	$2,9 \cdot 10^6$	$10,1 \cdot 10^6$	$9,6 \cdot 10^6$
	Буфер пакетов, байт	256К	32М	32М
	Таблица MAC адресов	8К	16К	16К
4	Отказоустойчивость			

	Протокол STP/RSTP/IEEE 802.1w	*	*	*
	Протокол MRSTP	-	-	*
5	Контроль трафика			
	Динамич. VLAN/ статич. VLAN 802.1Q	4K/256	4K/256	4K/256
	VLAN на основе портов и тегов 802.1Q	*	*	*
	Магистральные соединения VLAN	*	*	*
	Стыки VLAN (Q-in-Q) по 802.1Q	-	-	-
6	Управление качеством обслуж. (QoS)			
	Очереди приоритетов на порт 802.1p	4	8	8
	Метод организации очередей 802.1p	SPQ/WRR	SPQ/WFQ	SPQ/WFQ
	Контроль широковещательных штормов	*	*	*
	Шаг регулировки скорости, кбит/с	64	64	64
	Приоритет по спискам доступа (L2-L4)	-	-	*
	Ограничение исходящего трафика	*	*	*
7	Управление устройством			
	Веб, кластер iStacking, Cisco CLI, RS-232, NTP	*	*	*
	Ретрансляцию DHCP	-	*	*
8	Физические и электрические характеристики			
	Габариты, мм	250/133/37	438/300/44	438/420/44
	Потребляемая мощность, Вт	10	60	600

Все коммутаторы доступа технологии Ethernet подразделяют на следующие виды:

- неуправляемые и управляемые коммутаторы/концентраторы доступа, размещаемые в непосредственной близости от пользовательских терминалов, имеющие ёмкость 4-8 портов 10/100Мбит/с;

- управляемые коммутаторы 2 уровня доступа, размещаемые в непосредственной близости от терминалов пользователей или на некотором удалении, имеющие ёмкость 24-48 портов 100/1000Мбит/с и поддержкой различных VLAN;

- коммутаторы 2 уровня распределения для мультисервисных сетей с числом портов 24/48 портов 1000Мбит/с/10Гбит/с и поддержкой различных VLAN;

- управляемые коммутаторы 2 и 3 уровня доступа и распределения с числом портов 24/48 100/1000Мбит/с и поддержкой различных VLAN.

Все коммутаторы, как правило, выполнены с учетом возможности установки электрических (для витых пар) и оптических (для модулей SFP, XFP) интерфейсов и возможностями поддержки различных конфигураций сетей доступа («Звезда», «Дерево», «Кольцо», P2P).

Возможна концентрация трафика в предлагаемом примере через неуправляемые концентраторы доступа на 4-8 входных портов (ONU1), которые удобно размещать вблизи пользовательских терминалов NT (не далее 100 м) и подключать через медные кабели категории 3 и 5. В свою очередь концентраторы могут подключаться к коммутаторам уровня доступа с числом портов 24, 48 (ONU2) через медные кабели категории 5 или волоконно-оптические интерфейсы. Т.о. может потребоваться от 25 до 13 портов коммутаторов доступа с линейными электрическими или оптическими интерфейсами на скорость 1Гбит/с и поддержкой функций защиты кольцевой транспортной распределительной сети.

Для стационарного узла OLT возможно использование коммутатора уровня распределения мультисервисной сети, который может одновременно поддерживать и несколько отдельных сетей доступа. Для последнего также необходим расчёт производительности.

В случае необходимости концентрирования трафика TDM (поток E1 от учрежденческих ЭАТС) и совмещение его с сетью доступа с пакетной передачей Ethernet или ATM должны быть применены конверторы TDM. Ethernet или TDM/ATM, например, гибкие мультиплексоры МАКОМ-MX с платами ToP, имеющими линейный интерфейс 100BASE-T или SFP - модуль.

Для выбора кабельной продукции необходимо определить требуемые длины участков, где будет использоваться оптический

кабель с многомодовыми волокнами (стеклянными и/или пластиковыми), одномодовый кабель с волокнами стандартов G.652 или G.657, витые пары медных проводов с экранированием (STP) или без экранирования (UTP). Для медных кабелей длина не должна превышать 100м от терминала пользователя (NT) до блока концентрации нагрузки (ONU), что прописано в соответствующих характеристиках интерфейсов.

Однако если применяются модемы xDSL, эта рекомендация может не приниматься во внимание и необходимо произвести выбор соответствующих пар проводов по диаметру жил, по помехозащищённости после выполнения электрических расчетов.

2.2 Оптические кабели для оптических сетей доступа

На большинстве участков оптических сетей доступа традиционно используются оптические кабели (ОК) с трубчатым сердечником (Uni Tube, Central Tube, Light Pack и т.п.). Такие конструкции обычно имеют до 12 волокон, малые габариты и вес, небольшую стоимость, стойкость к изгибным и крутящим нагрузкам. Если не учитывать дополнительные конструктивные элементы, то к принципиальным недостаткам можно отнести слабую защищенность от растягивающих нагрузок (из-за отсутствия центрального силового элемента), раздавливающих воздействий и атак грызунов (из-за малого диаметра кабеля). Применения такой конструкции в различных условиях отличается для подвески, прокладки в кабельную канализацию или в грунт. Для подвесных кабелей характерна конструкция с встроенным несущим тросом типа «восьмерка» («Figure 8») или самонесущие диэлектрические кабели без металлических элементов ADSS (All-Dielectric Self-Supporting) с периферийными силовыми элементами из арамидных нитей (рис.1а, б) обычно с модульным сердечником (типа Loose Tube). Но из-за значительного относительного удлинения арамидных нитей в кабелях ADSS чаще используется более прочная к растяжению модульная конструкция сердечника. Первая конструкция достаточно проста, удобна для подвеса (зажим крепится к несущему тросу), не дорога, хорошо защищена от растягивающих усилий (которые прикладываются к тросу), однако наличие металлического элемента требует мер предосторожности по защите от наведенных токов молнии при обслуживании кабеля,

т.е. требуется заземление.

Таблица 2 - Основные параметры волокон, с малым затуханием на изгибах

Параметр (характеристика) Тип волокна, в соответствии с Рекомендациями ITU-T		G.657a	G.657b
Диаметр модового пятна на длине волны: 1310 нм; 1550 нм		– 8,6...9,5 ±0,4	– 6,3...9,5 ±0,4
Максимальные потери на макроизгибе, дБ	10 витков радиусом 15 мм, на длине волны: 1550 нм; 1625 нм	0,25 1,0	0,03 0,1
	1 виток радиусом 10 мм, на длине волны: 1550 нм; 1625 нм	0,75 1,5	0,1 0,2
	1 виток радиусом 7,5 мм, на длине волны: 1550 нм; 1625 нм	– –	0,5 1,0
Длина волны нулевой дисперсии, мкм		1300–1324	1300–1420
Наклон хроматической дисперсии вблизи нулевого значения, пс/(нм ² × км)		0,092	0,1
Максимальный коэффициент затухания, дБ/км, в диапазоне длин волн: 1310 нм 1383 нм 1550 нм 1625 нм		0,4 0,4 0,3 –	0,5 – 0,3 0,4
Максимальный коэффициент PMD, пс/√км		0,20	–

Полностью диэлектрическая конструкция конечно не подвержена электромагнитным воздействиям, а наличие арамидных волокон придает оптическому кабелю отличную защищенность при растяжении и гибкость. Тем не менее, его стоимость и необходимость применения специальных зажимов делают его неконкурентоспособным для малобюджетных сетей.

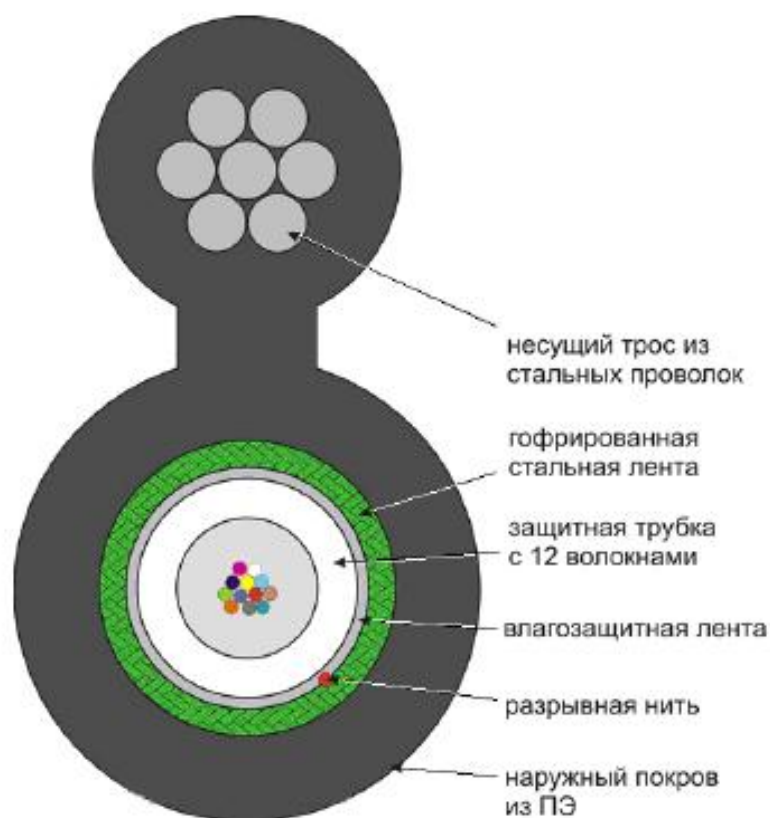


Рисунок 1а – Пример конструкции подвесных кабелей для оптических сетей доступа (тип «восьмёрка»)



Рисунок 1б - Пример конструкции подвесных кабелей для оптических сетей доступа (тип ADSS)

Для прокладки в кабельной канализации на оптических сетях часто используются кабели модульной конструкции (Loose Tube). В ОК трубчатой конструкции, как правило, используется гофрированная броня для защиты от грызунов и случайных ударов, а также периферийные силовые элементы в виде двух стальных стержней, к которым прикладывается растягивающая нагрузка при затягивании в канал (рис. 2а). При вводе в здание таких кабелей должна использоваться оболочка из негорючего материала — поливинилхлорида (PVC) или малодымного безгалогенного пластика LSZH (Low Smoke Zero Halogen).

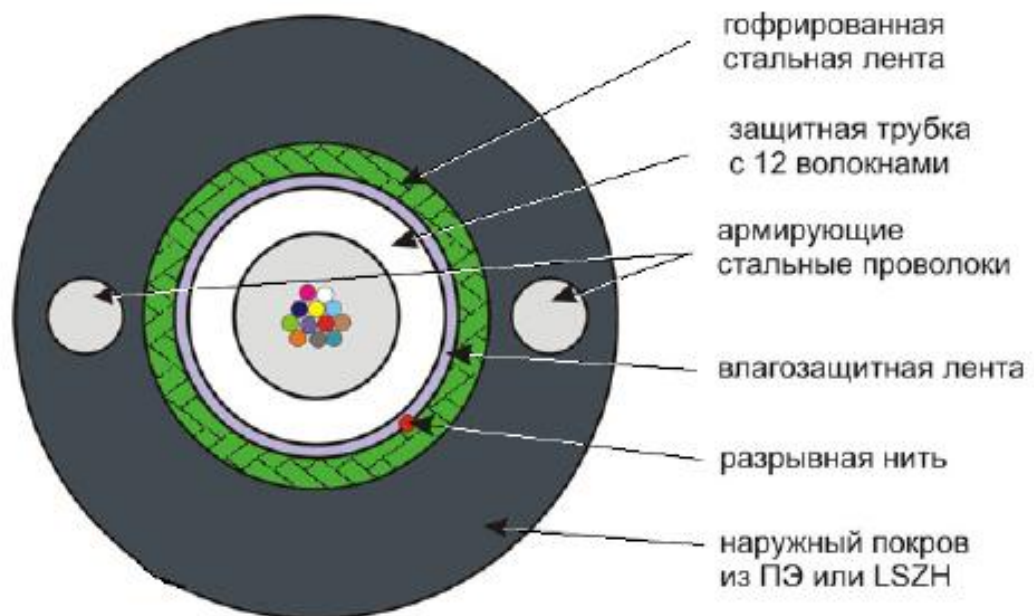


Рисунок 2а - Пример конструкции ОК для прокладки в кабельной канализации и внутри помещений

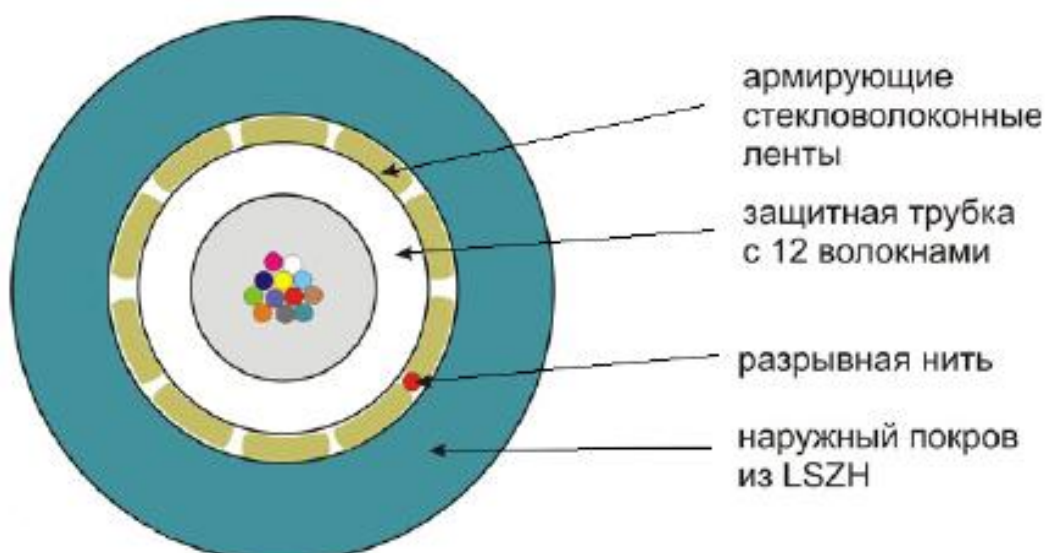


Рисунок 2б - Пример конструкции ОК для прокладки в
внутри помещений (круглый)

Для прокладки в пластиковых субканалах канализации, а также подвалах, чердаках и внутренних каналах, и стояках зданий удачной является конструкция, показанная на (рис. 2б). При всей легкости и гибкости такого ОК, он обладает достаточной защитой от механических повреждений и главное — от грызунов. Это обеспечивается наличием достаточно толстого слоя стекловолоконных лент. Альтернатива в виде повива арамидных нитей выходит более дорогостоящей и не служит надежной защитой от мышиных зубов. В качестве наружного покрова здесь также используется не поддерживающий горение пластикат LSZH. Аналогичное применение имеет плоский маловолоконный кабель, показанный на рис. 2в.

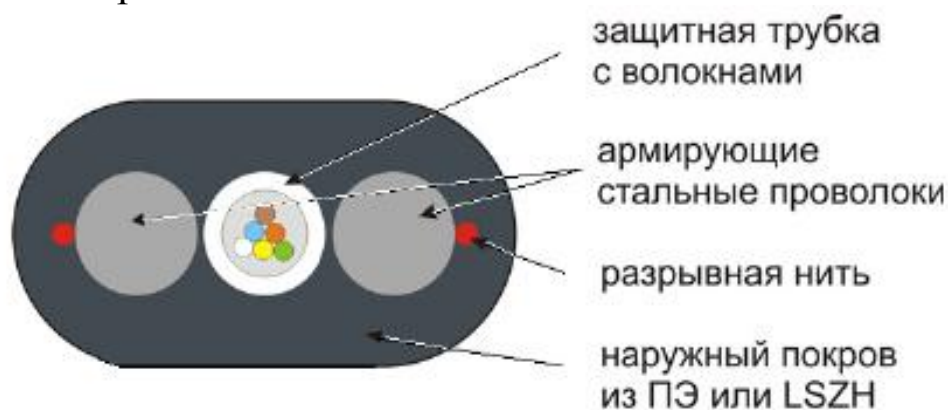


Рисунок 2в - Пример конструкции ОК для прокладки внутри
помещений (плоский)

Он имеет хорошую механическую защиту за счет встроенных стальных проволок (вместо которых могут применяться и стеклопластиковые стержни), однако может вызвать некоторые неудобства при прокладке и монтаже. В помещениях пользователей традиционно используются одно- и двухволоконные конструкции типа круглого и чечевицеобразного сечения (Zip-cord), «двустволка» (Shot-gun) и другие (рис. 3). Защита от возможных ударов, рывков, изгибов и надавливаний в процессе прокладки и эксплуатации обеспечивается слоем арамидной пряжи, что делает такие ОК достаточно дорогими. Но, такие кабели обычно применяются на коротких участках — от распределительного или кроссового оборудования до оконечного оптического оборудования.

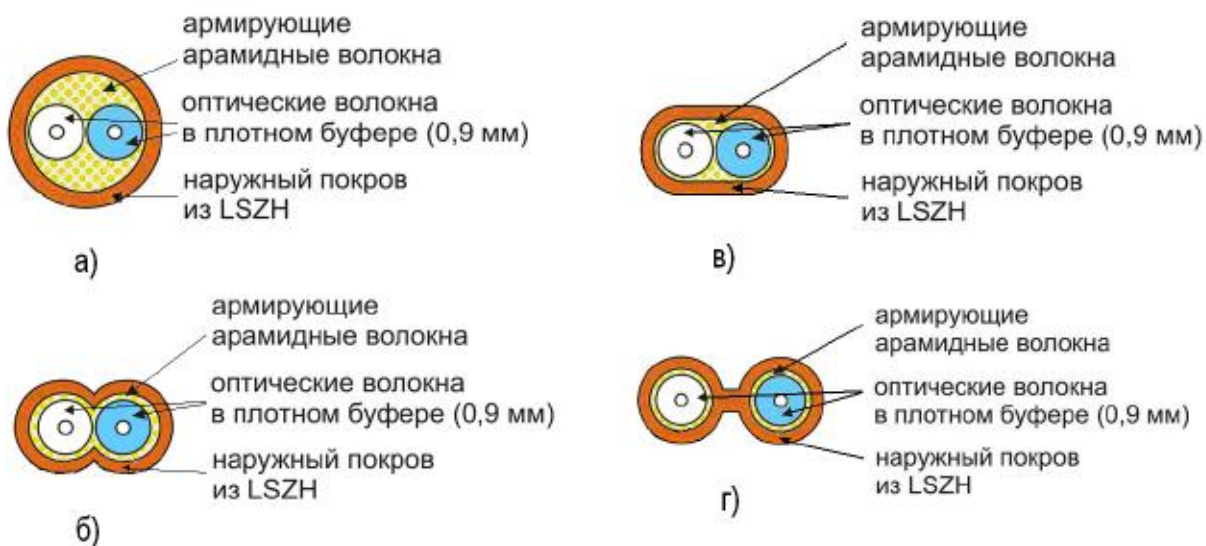


Рисунок 3 - Примеры конструкций оптических кабелей для прокладки внутри помещений: а) круглый; б) чечевицеобразный; в) плоская; г) двустволка

Для многоволоконных решений в пределах помещений в последнее время активно используется развивная кабель (Breakout Cable) (рис. 4). Такой ОК содержит в своей конструкции один или несколько поворотов оптических волокон в плотном буфере, свитых вокруг центрального силового элемента, а свободное пространство сердечника содержит упрочняющие элементы из арамидных нитей. В процессе прокладки такого кабеля, при необходимости ответвления, его конструкция легко разделяется и необходимое число волокон, играя роль малогабаритных кабелей, отводится в

нужном направлении. К сожалению, множество защитных элементов и немалые габариты кабеля определяют его достаточно большую стоимость, которая не всегда оправдывает его широкое применение в сетях доступа.



Рисунок 4 - Пример конструкции развивного оптического кабеля

Недостатки последних конструкций, а также потребность в наиболее эффективном применении волокон нового типа — с уменьшенными потерями на изгибах — стали предпосылкой для разработки японскими компаниями конструкции типа «двойной квадрат». Такой ОК, точнее ряд его модификаций, был целенаправленно сконструирован для применения на сетях доступа. Идея этого двухволоконного кабеля заключается в расположении двух волокон в первичном покрытии (диаметр 245 мкм) между двумя диэлектрическими армирующими элементами в общей оболочке. Все это выглядит, как два слитых квадрата со стеклопрутками в перепонке между которыми и уложены волокна (рис.5а). Для организации воздушного ввода к первоначальной конструкции органично добавляется несущая стальная проволока. Таким образом, получена классическая, хоть и малогабаритная «восьмерка» (рис. 5в), но учитывая любовь азиатских производителей к ленточным форматам ОК, конструкция может трансформироваться в «двойной квадрат с волоконной лентой» (рис.5б, 5г).

Преимущества нового типа кабелей - во-первых, такой кабель можно очень просто и быстро крепить к любой плоской деревянной поверхности (например, крепление к плинтусу) с помощью степлера. Этому способствует его плоская поверхность, мягкая LSZH оболочка, недоступность волокон в «межквadrатной» перепонке, надежность силовых элементов. Во-вторых, малые габариты и вес позволяют легко прокладывать его во всевозможных внутренних каналах, стояках и т.п. В-третьих, канавки между «квадратами» оболочки позволяют очень легко разделять кабель, буквально разрывая его двумя пальцами рук. В-четвертых, негорючая оболочка из LSZH обеспечивает пожарную безопасность. В-пятых, волокна типа G.657, мягкая конструкция и малые габариты позволяют изгибать кабель с очень маленькими радиусами изгиба, почти под 90 градусов, что часто бывает удобным на реальных трассах. В-шестых, диэлектрические силовые элементы и достаточно большие, по сравнению с маленькой перепонкой, квадраты оболочки хорошо защищают волокна от растягивания, раздавливания, скручивания, удара.

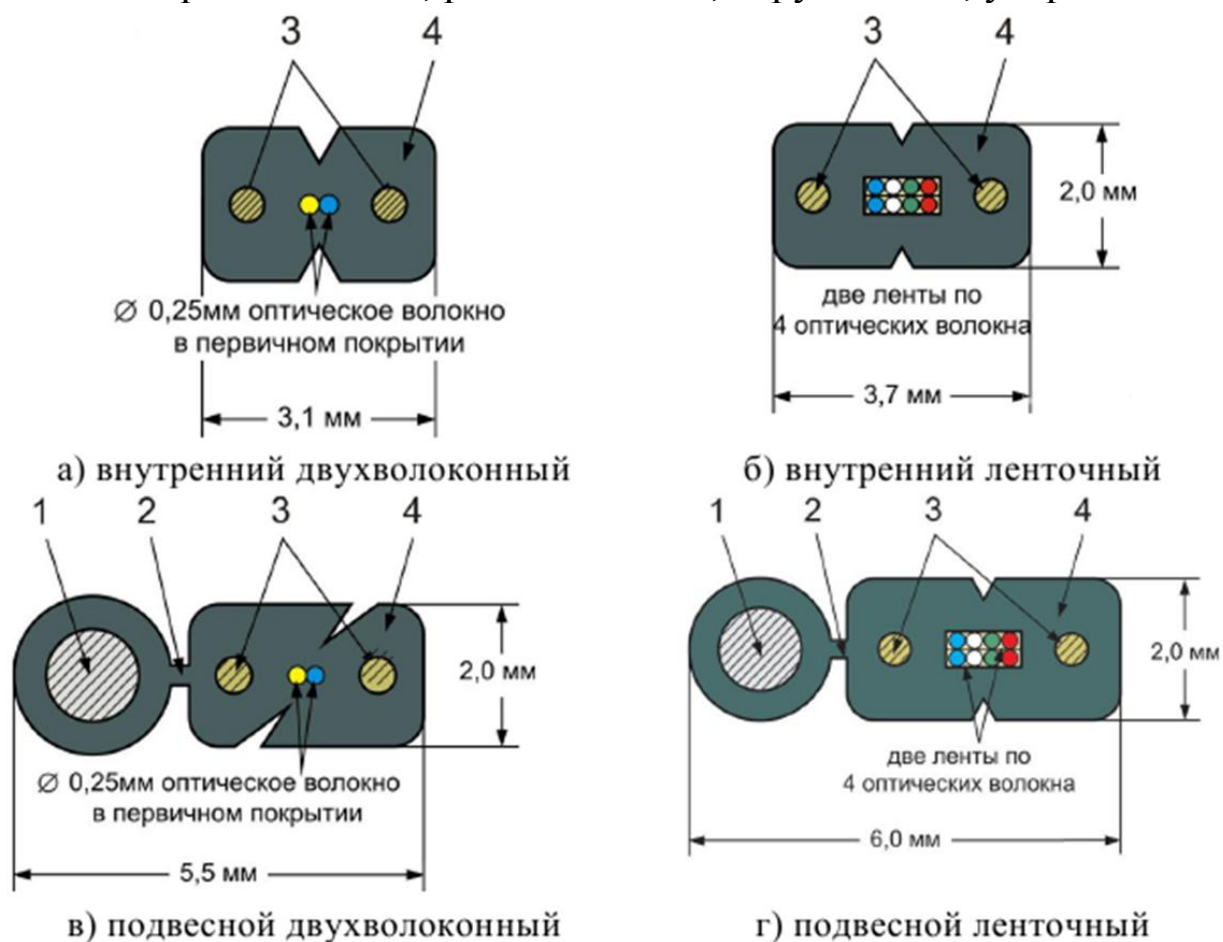


Рисунок 5 - Конструкции оптических кабелей для сетей FTTx типа «двойной квадрат»: 1 – несущий стальной провод 1,2мм в диаметре; 2 – перемычка; 3 – арамид диаметром 0,5мм; 4 – полиэтилен или LSZH оболочка

2.3 Схема прохождения цепей в помещении пользователя

Прохождение оптических цепей в помещении пользователя начинается с ввода оптического кабеля от АТС (пример на рис. 6).

В оптический распределительный шкаф (ОРШ) подводится восьмиволоконный линейный кабель. В ОРШ производится расшивка волокон и присоединение их к кабелям внутридомовой прокладки на панелях ODF. При необходимости внутри ОРШ устанавливаются блоки пассивного распределения оптического излучения (1×2, 1×4, ..., 1×32 и т.д.). Каждое внутридомовое волокно прокладывается до терминала пользователя через вертикальные стояки, которые проходят внутри подъездов. ОРШ может размещаться как в технологическом помещении 1 этажа, так и на чердаке здания. На схеме ввода указываются расстояния внутри дома, что необходимо для выполнения расчётов оптических параметров передачи.

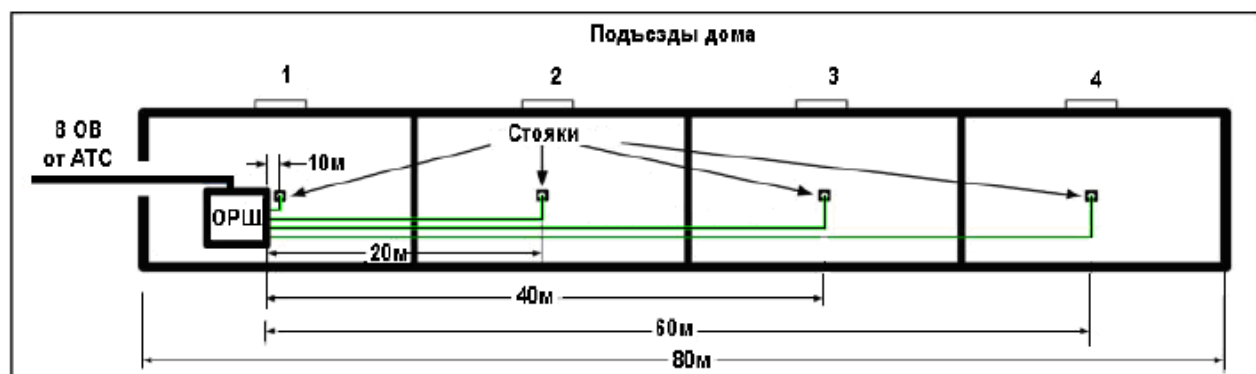


Рисунок 6 - Схема ввода оптического кабеля в многоквартирный дом и распределение волокон по подъездам

Внутридомовой кабель должен иметь конструкцию, позволяющую извлекать необходимое количество волокон из кабеля через небольшой разрез, не разрезая весь кабель при этом. В кабеле используются волокна в индивидуальном буферном покрытии изготовленные в соответствии с рекомендацией G.657A. Данные волокна не критичны к малым радиусам изгиба.

Распределительный кабель прокладывается по одному из менее загруженных стояков здания (пример на рис. 7). На каждом этаже устанавливается оптическая распределительная коробка (ОРК), которая имеет небольшие размеры и предназначена для соединения извлеченных из распределительного кабеля волокон и волокон drop-кабеля. Одна ОРК позволяет отвести до четырех drop-кабелей. От ОРК до помещения пользователя прокладывается одноволоконный drop-кабель. Средняя длина такого кабеля 20 м. Кабель изготовлен с применением волокна по G.657A, что позволяет прокладывать данный тип кабеля по квартире абонента либо по кабельному каналу, либо по плинтусу с минимальным радиусом изгиба. Кабель заканчивается на абонентской розетке. От неё гибкий оптический шнур подходит к блоку ONT, который преобразует оптические сигналы в электрические соответствующих услуг.

Приведённые схемы (рис. 6 и 7) позволяют определить требуемые комплектующие и длины оптических линий.

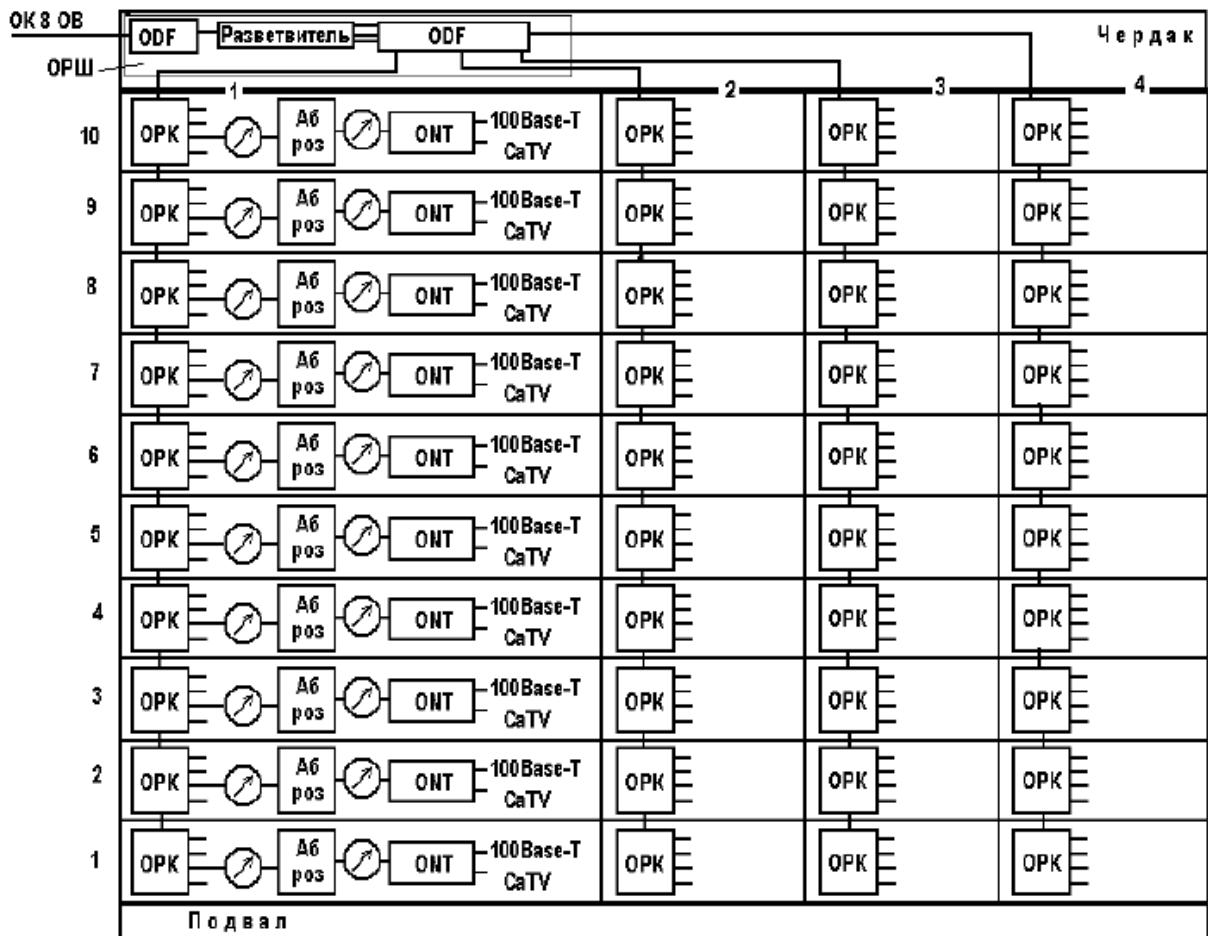


Рисунок 7 - Пример прохождения оптических цепей сети доступа до терминалов пользователей в многоквартирном доме

4 Задание на лабораторную работу

5 Список вопросов для самоконтроля

- 1) Что относят к компонентной базе оптических сетей доступа?
- 2) Перечислите виды коммутаторов доступа технологии Ethernet.
- 3) Что представляет собой конструкция подвесных кабелей для оптических сетей доступа (типа «восьмёрка»)?
- 4) Преимущества и недостатки развивного оптического кабеля?
- 5) Принцип прокладки разделительного кабеля.

6 Список использованных источников

- 1) Оптические телекоммуникационные системы [Текст] : учебник для вузов / В.Н. Гордиенко, В.В. Крухмалев, А.Д. Моченов, Р.М. Шарафутдинов. - М: Горячая линия-Телеком, 2011.- 368 с.: ил. ISBN 978-5-9912-0146-9.
- 2) Скляр, Олег Константинович. Волоконно-оптические сети и системы связи [Текст] : учебное пособие / О. К. Скляр. - 2-е изд., стер. - СПб. : Лань, 2010. - 272 с.
- 3) Фриман Р. Волоконно-оптические системы связи [Текст] : монография / Р. Фриман ; Пер. с англ. Н. Н. Слепова. - 2-е изд. ; доп. - М. : Техносфера, 2004. - 496 с. - (Мир связи). - ISBN 5-94836
- 4) Фокин, В.Г. Проектирование оптической сети доступа [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.Г. Фокин. - Новосибирск : Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2012. - 46-53 с, 272-292 с. // Режим доступа - <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=431523>.