

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ

**САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, МЕХАНИКИ И ОПТИКИ**



ПОБЕДИТЕЛЬ КОНКУРСА ИННОВАЦИОННЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПРОГРАММ ВУЗОВ

И.Б. Бондаренко, Ю.А. Гатчин, Н.Ю. Иванова, Д.А. Шилкин

СОЕДИНИТЕЛИ И КОММУТАЦИОННЫЕ УСТРОЙСТВА

ЭЛЕМЕНТЫ ОПТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Учебное пособие



Санкт-Петербург

2008

УДК 621.315.21

Бондаренко И.Б., Гатчин Ю.А., Иванова Н.Ю., Шилкин Д.А. Соединители и коммутационные устройства. Элементы оптических систем. Учебное пособие. СПб: СПбГУ ИТМО, 2008. 133 с. илл. – 55, табл. – 13, список литературы – 59 наим.

В учебном пособии представлены основные виды разъемов одномодовых и многомодовых оптических кабелей, даны их характеристики и особенности. Все темы, затронутые в данном пособии, имеют серьезные перспективы развития в России. Техническая информация, упоминаемая в тексте, имеет ссылки на действующие нормативно-технические документы международного, европейского и американских стандартов.

Учебное пособие предназначено для студентов вузов, обучающихся по направлению подготовки 200100 «Приборостроение», а также для специалистов, связанных с проектированием, монтажом и эксплуатацией кабельных систем на основе оптоволокну.

Рекомендовано УМО по образованию в области приборостроения и оплотехники в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки 200100-Приборостроение.

В 2007 году СПбГУ ИТМО стал победителем конкурса инновационных образовательных программ вузов России на 2007–2008 годы. Реализация инновационной образовательной программы «Инновационная система подготовки специалистов нового поколения в области информационных и оптических технологий» позволит выйти на качественно новый уровень подготовки выпускников и удовлетворить возрастающий спрос на специалистов в информационной, оптической и других высокотехнологичных отраслях экономики.



© Санкт-Петербургский государственный университет информационных технологий, механики и оптики 2008.

© И.Б. Бондаренко, Ю.А. Гатчин, Н.Ю. Иванова, Д.А. Шилкин 2008.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ_____	Стр. 6
ГЛАВА 1.	
ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О СКС_____	7
1.1. Структура СКС_____	7
1.2. Кабели СКС_____	10
Вопросы_____	15
ГЛАВА 2.	
ОСНОВЫ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ ПО ВОЛОКОННЫМ СВЕТОВОДАМ_____	16
2.1. Описание структурной схемы волоконно-оптической связи_____	16
2.2. Процессы распространения излучения в волоконном световоде_____	17
2.3. Типы волоконных световодов_____	19
Вопросы_____	22
ГЛАВА 3.	
ОПТИЧЕСКИЕ РАЗЪЕМЫ. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ_____	23
3.1. Назначение и основные требования к ОР_____	23
3.2. Цветовая кодировка корпусных элементов_____	27
3.3. Основные схемы реализации ОР_____	28
3.4. Система международной стандартизации оптических разъемов_____	31
Вопросы_____	32
ГЛАВА 4.	
ПАРАМЕТРЫ ОПТИЧЕСКИХ РАЗЪЕМОВ_____	33
4.1. Вносимые потери_____	33
4.2. Физический контакт в оптических разъемах_____	35
4.3. Принцип отнесения потерь_____	37
4.4. Обратные отражения_____	38
Вопросы_____	41

ГЛАВА 5.

ОСНОВНЫЕ КОМПОНЕНТЫ ОПТИЧЕСКИХ РАЗЪЕМОВ

И ИХ КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ	42
5.1. Назначение и основные требования к компонентам ОР	42
5.2. Элементы защиты от вращения цилиндрических наконечников и неправильного подключения вилок	45
5.3. Элементы и способы крепления вилки к кабелю	47
5.4. Хвостовики вилок	49
5.5. Розетки	51
5.6. Защитные колпачки и крышки	55
5.7. Методы уменьшения потерь в оптических разъемах	57
Вопросы	62

ГЛАВА 6.

РАЗЪЕМЫ С ОБЫЧНОЙ ПЛОТНОСТЬЮ КОНСТРУКЦИИ

6.1. Разъемы типа SC	63
6.2. Разъемы типа ST	66
6.3. Разъемы типа FC	69
6.4. Разъемы типа MIC и ESCON	70
6.5. Разъемы типа SMA	73
6.6. Разъемы типа DIN	74
Вопросы	76

ГЛАВА 7.

РАЗЪЕМЫ С УВЕЛИЧЕННОЙ ПЛОТНОСТЬЮ КОНСТРУКЦИИ

7.1. Конструкции с наконечниками диаметром 1,25 мм	78
7.2. Малогабаритные разъемы с наконечниками диаметром 2,5 мм	83
7.3. Разъемы группового типа	87
7.4. Конструкции без центрирующего наконечника	90
Вопросы	93

ГЛАВА 8.

ЭЛЕМЕНТЫ РАЗЪЕМОВ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ	94
8.1. Переходные розетки	97
8.2. Адаптеры на обнаженное волокно	99
8.3. FM-адаптер	102
8.4. Атенюаторы	104
8.5. Терминаторы	106
8.6. Вилки-перемычки	107
8.7. МСР-адаптеры	109
8.8. Мини-пигтейлы	109
Вопросы	111

ГЛАВА 9.

УСТАНОВКА И МОНТАЖ ЭЛЕМЕНТОВ

ОПТИЧЕСКИХ РАЗЪЕМОВ	112
9.1. Особенности монтажа оптических разъемов в технике СКС	112
9.2. Формы исполнения элементной базы оптических разъемов	113
9.3. Клеевые и механические методы фиксации волокна в наконечнике	114
9.4. Иммерсионные разъемы	117
9.5. Технологии механического и сварного сращивания	119
Вопросы	123

ЗАКЛЮЧЕНИЕ	124
------------	-----

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ	126
-------------------	-----

ЛИТЕРАТУРА	128
------------	-----

ВВЕДЕНИЕ

Современный этап развития индустриального общества характеризуется стремительным возрастанием степени автоматизации офисных зданий и промышленных предприятий различной области. Этот процесс влечет за собой появление новых информационных сервисов и развитие существующих, что сопровождается бурным увеличением объемов информации, передаваемой по каналам связи ИВС предприятий. В этих условиях традиционные линии, реализованные на основе коаксиальных кабелей и витых пар, быстро приходят к пределу своей пропускной способности. Естественным выходом из сложившейся ситуации является массовое использование волоконно-оптических элементов, которые позволяют создавать более широкополосные каналы связи, а также передавать информацию на огромные расстояния.

Начиная с 90-х годов прошлого столетия стандартом «де-факто» стала реализация пассивной части физического уровня ИВС предприятия в форме структурированной кабельной проводки. Действующие редакции международного, европейского и американского стандартов СКС допускают в равной степени использование витой пары и оптической элементной базы при реализации конкретного проекта. В настоящее время главную роль в подавляющем большинстве проектов естественным образом играют решения, реализуемые на основе витых пар. Однако рост масштабов СКС, а также внедрение приложений с гигабитными и мультигигабитными скоростями передачи информации стимулируют ускоренные темпы внедрения волоконно-оптической техники в эту область информационных технологий. Результаты исследований показывают, что в общем объеме затрачиваемых средств на реализацию типового проекта СКС, доля оптических элементов составляет порядка 20% и на протяжении последнего времени имеет устойчивую тенденцию к росту.

Закономерным результатом перечисленных выше тенденций является то, что оптическая техника связи перестала быть уделом немногочисленной группы привилегированных специалистов и становится продукцией массового использования. Но, несмотря на все достижения техники, волоконно-оптическая элементная база остается высокотехнологичным продуктом, и работа с ней требует от инженерно-технического персонала соответствующего уровня квалификации. Подготовка таких специалистов невозможна без наличия специальной технической литературы.

В книге рассмотрены основы СКС и кабели, используемые при ее создании (глава 1), основные принципы передачи информации по оптоволокну (глава 2), современные оптические разъемы, их параметры и конструктивные особенности (главы 3, 4 и 5), специальные и общие виды оптических разъемов (глава 6, 7 и 8), описаны принципы монтажа элементов оптических систем (глава 9).

ГЛАВА 1

ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О СКС

1.1 Структура СКС

Структурированная кабельная система – это универсальная кабельная система здания, группы зданий, предназначенная для ее использования достаточно длительный период времени без реструктуризации.

Универсальность СКС подразумевает использование ее для различных систем:

- компьютерная сеть;
- телефонная сеть;
- охранная система;
- пожарная сигнализация.

Такая кабельная система независима от окончного оборудования, что позволяет создать гибкую коммуникационную инфраструктуру предприятия. Избыточность подразумевает организацию новых рабочих мест без прокладки дополнительных кабельных линий, для чего СКС должна строиться с запасом. Гарантированный срок эксплуатации - около 10÷15 лет, что включает в себя понятие длительного использования без реструктуризации.

Структурированная кабельная система, фактически - это совокупность пассивного коммуникационного оборудования, включающего:

- Кабель - этот компонент используется как среда передачи данных СКС. Различают экранированный и неэкранированный кабель.
- Розетки - этот компонент используют как точки входа в кабельную сеть здания.
- Коммутационные панели - используются для администрирования кабельных систем в коммутационных центрах этажей и здания в целом.
- Коммутационные шнуры - используются для подключения офисного оборудования в кабельную сеть здания, и служат для организации структуры кабельной системы в центрах коммутации.

Структурированная кабельная система обеспечивает долговременную эксплуатацию, удобство коммутации, постоянное развитие и наращивание сети. Избыточность подобных систем обеспечивает: их долговечность, возможность легко изменить местоположение и функции рабочих мест, простоту обнаружения дефектов и, в конечном счёте, позволяет отказаться от дополнительных капиталовложений в будущем.

Для облегчения проектирования и дальнейшего обслуживания кабельной системы были разработаны международные и европейские стандарты на СКС:

- Международный стандарт ISO/IEC 11801 Generic Cabling for Customer Premises.

- Европейский стандарт EN 50173 Information Technology Generic Cabling Systems.
- Американский стандарт ANSI/TIA/EIA 568-A/568-B Commercial Building Tele-communication Cabling Standard.

Стандарты призваны служить общественным интересам, устраняя недопонимание между производителями и потребителями, обеспечивая взаимозаменяемость и универсальное качество продукции наряду с ее доступностью и грамотным использованием. Стандарты телекоммуникационной инфраструктуры зданий должны обеспечить работу разнотипного оборудования любых производителей, создание кабельных системы на этапе строительства зданий и их длительную эксплуатацию [1].

В общем случае согласно международному стандарту ISO/IEC 11801:2002 СКС включает в себя три подсистемы (см. рис. 1).

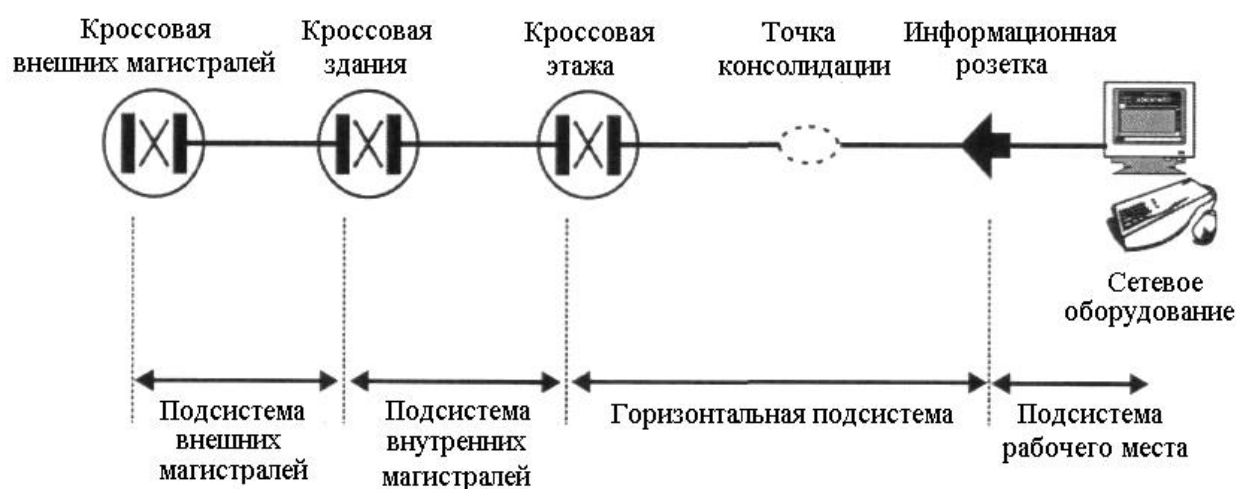


Рис. 1. Подсистемы СКС

Подсистема внешних магистралей (campus backbone cabling subsystem) состоит из внешних магистральных кабелей и непосредственно подключенного к ним коммутационного оборудования. В состав подсистемы входят также коммутационные шнуры и/или перемычки, обслуживающие ту часть коммутационного оборудования, которая находится в технических помещениях более высокого уровня. Подсистема внешних магистралей является той основой, которая связывает в единую сеть связи отдельные здания, расположенные на общей территории. На практике данный технический объект достаточно часто имеет физическую кольцевую топологию, что дополнительно обеспечивает увеличение надежности за счет наличия резервных кабельных трасс. Из этих же соображений на данном уровне структурированной проводки иногда используется двойная кольцевая топология. Если СКС устанавливается автономно только в одном здании, то подсистема внешних магистралей отсутствует. В строительных объектах с большими размерами, в случае реализации СКС по

американским стандартам, к подсистеме внешних магистралей относятся те кабели, которые имеют длину свыше 300 м, хотя фактически они не выходят за пределы здания.

Подсистема внутренних магистралей (building backbone cabling subsystem), называемая в некоторых СКС вертикальной или вторичной подсистемой, включает в себя внутренние магистральные кабели с подключенным к ним коммутационным оборудованием. В состав подсистемы входит также часть коммутационных шнуров и/или перемычек, которые обслуживают те панели коммутационного оборудования, которые находятся в технических помещениях более высокого уровня. Кабели рассматриваемой подсистемы фактически связывают между собой отдельные этажи здания и/или пространственно разнесенные технические помещения в пределах одного здания. Если СКС обслуживает один этаж, несколько этажей небольшого здания или только часть площади большого здания, то подсистема внутренних магистралей может отсутствовать.

Горизонтальная подсистема (horizontal cabling subsystem) образована горизонтальными кабелями между: кроссовыми этажами и розеточными модулями ИР рабочих мест, самими ИР, а также групповым коммутационным оборудованием в техническом помещении, к которому подключаются горизонтальные кабели. В состав горизонтальной подсистемы входят также коммутационные шнуры и/или перемычки в техническом помещении. При построении горизонтальной части структурированной проводки допускается использование одной точки консолидации (consolidation point) на тракт.

Деление СКС на отдельные подсистемы применяется независимо от вида или формы реализации сети, то есть оно принципиально будет одинаковым, например, для кабельной системы, установленной в офисном здании или в производственном комплексе.

В общем случае СКС, согласно действующим редакциям нормативно-технических документов, включает в себя восемь функциональных компонентов:

- линейно-кабельное оборудование подсистемы внешних магистралей;
- коммутационное оборудование подсистемы внешних магистралей;
- линейно-кабельное оборудование подсистемы внутренних магистралей;
- коммутационное оборудование подсистемы внутренних магистралей;
- линейно-кабельное оборудование горизонтальной подсистемы;
- коммутационное оборудование горизонтальной подсистемы;
- точки консолидации;
- информационные розетки.

В зависимости от области использования и специфики реализуемого проекта конкретное конструктивное исполнение этих компонентов может

меняться в достаточно широких пределах. Все три подсистемы СКС имеют одинаковую структуру и содержат:

- линейный кабель: все содержащиеся в нем проводники и световоды с обоих концов обязательно подключаются к коммутационному оборудованию;
- шнуровые изделия различных видов, находящиеся в техническом помещении более высокого уровня.

При построении горизонтальной подсистемы могут использоваться дополнительные компоненты, не оказывающие принципиального влияния на данную структуру: точка консолидации в линейной части и панель отображения портов активного сетевого оборудования с соответствующими шнуровыми изделиями при построении коммутационного поля.

Подсистема рабочего места согласно стандартам ISO/IEC 11801:2002 [2] и TIA/EIA-568-B.1 [3] не входит в состав структурированной проводки. Основным назначением оборудования подсистемы является подключение к СКС активных сетевых приборов на рабочих местах. Конструкция применяемой элементной базы сильно зависит от конкретного приложения. Тем не менее, компоненты подсистемы рабочего места являются неотъемлемой составной частью тракта передачи сигнала. Поэтому нормативные документы накладывают на ее параметры и характеристики определенные ограничения.

В подавляющем большинстве случаев подключение к СКС сетевого оборудования и коммутация отдельных портов кабельной системы осуществляются с помощью шнуровых изделий самых разнообразных видов. Применение различных переключателей для решения задач коммутации, несмотря на их очевидные технические и эксплуатационные преимущества, не получило широкого распространения из-за существенно меньших функциональных возможностей. Иногда из-за конструктивных особенностей портов активных сетевых приборов, кроме шнура может потребоваться адаптер для обеспечения согласования сигнальных и механических параметров оптических или электрических интерфейсов СКС с сетевым оборудованием [4].

1.2 Кабели СКС

Для повышения технико-экономической эффективности структурированной проводки в основу ее построения положен принцип минимизации числа разрешенных типов кабелей, что в явном виде зафиксировано в действующих редакциях нормативно-технических документов [5].

Так, например, согласно стандарту ISO/IEC 11801:2002 кабельные тракты СКС реализуются только:

- на симметричных электропроводных кабелях на основе витой пары с волновым сопротивлением 100 Ом в экранированном и неэкранированном исполнениях;
- и одномодовых и многомодовых ОК.

Симметричные кабели из витых пар используются в первую очередь для создания горизонтальной проводки. По ним передаются как телефонные сигналы и дискретная информация с низкой скоростью, так и сигналы от высокоскоростных приложений. В подсистеме внутренних магистралей ОК и кабели из витых пар применяются одинаково часто. На этом уровне симметричные кабели предназначены для передачи главным образом телефонных сигналов и данных с тактовыми частотами до 1 МГц, тогда как ОК обеспечивают передачу цифровой информации с высокой скоростью, необходимой для информационно-емких приложений. На внешних магистралях ОК могут играть доминирующую роль.

Для перехода с симметричного кабеля на оптический (для передачи данных со скоростью 10 Мбит/с и выше), в технических помещениях устанавливаются соответствующие активные приборы (преобразователи среды, или трансиверы). Данные устройства обычно работают совместно с групповым оборудованием (коммутатор уровня рабочей группы, выносной модуль УПАТС, контроллер инженерной системы здания и т. д.). Прямое использование ОК для передачи телефонных сигналов и данных с низкой скоростью на современном этапе развития техники является экономически нецелесообразным. Оно применяется крайне редко и лишь в тех ситуациях, когда другие решения невозможны или же выдвигаются особые требования в отношении защиты информации от несанкционированного доступа. Поэтому, для увеличения технико-экономической эффективности сети в целом, процесс преобразования низкоскоростного электрического сигнала в оптический обычно совмещается с мультиплексированием.

Для построения горизонтальной подсистемы стандартами допускается применение экранированного и неэкранированного кабелей с волновым сопротивлением 100 Ом. Экранированный симметричный кабель по сравнению с неэкранированным обладает лучшими электрическими, а иногда и прочностными характеристиками. Однако кабельные тракты на его основе критичны к качеству выполнения монтажа и заземления, а сами кабели существенно дороже и обладают худшими массогабаритными показателями. Оптические элементы в горизонтальной подсистеме применяются редко по причинам экономического характера, хотя их доля растет очень быстрыми темпами (решения в рамках концепции *fibre to the desk* — волокно до рабочего места).

Оптические кабели делятся на многомодовые и одномодовые. По экономическим причинам многомодовые ОК используются в основном в качестве основы подсистемы внутренних магистралей. Одномодовые кабели

рекомендуется применять только для построения длинных внешних магистралей [4].

Таблица 1. Классы кабельных трактов по ISO/IEC 11801:2002

Класс кабельного тракта	Поддерживаемые приложения
Тракты на основе кабелей из витых пар	
A	Телефонные каналы и низкочастотный обмен данными. Максимальная частота сигнала – 100 кГц
B	Приложение со средней скоростью передачи данных. Максимальная частота сигнала – 1 МГц
C	Приложение со скоростью передачи данных до 10 Мбит/с. Максимальная частота сигнала – 16 МГц
D	Приложение со скоростью передачи данных до 1 Гбит/с. Максимальная частота сигнала – 100 МГц
E	Приложение со скоростью передачи данных до 1 Гбит/с. Максимальная частота сигнала – 200 МГц
F	Приложение со скоростью передачи данных до 1 Гбит/с. Максимальная частота сигнала – 600 МГц
Тракты на основе волоконно-оптических кабелей	
OF-300	Скорость передачи данных 10 Мбит/с и выше. Максимальная длина тракта – 300 м
OF-500	Скорость передачи данных 10 Мбит/с и выше. Максимальная длина тракта – 500 м
OF-2000	Скорость передачи данных 10 Мбит/с и выше. Максимальная длина тракта – 2000 м

Основные преимущества систем волоконно-оптической связи перед традиционными электрическими кабелями определяются, в первую очередь, применением в них нового типа направляющей системы электромагнитных колебаний — оптического кабеля. Далеко не полный перечень этих преимуществ следующий:

- малые значения коэффициентов затухания (в несколько десятков раз меньше, чем в кабелях с металлическими жилами) и их независимость от частоты передаваемого сигнала вплоть до граничной частоты, обеспечивает: высокую пропускную способность и большие расстояния между двумя регенераторами;
- высокая защищенность от внешних электромагнитных полей и действия помех от других средств связи, что делает ненужным применение специальных мер для защиты от влияний силовых кабелей, источни-

ков сильных электромагнитных полей (электродвигателей, силовых трансформаторов, линий электропередач и т.д.);

- отсутствие излучения во внешнюю среду, что практически исключает: взаимное негативное влияние световодов и возможность несанкционированного доступа к передаваемой информации;
- малая металлоемкость линии передачи и отсутствие в ней дефицитных цветных металлов (медь, свинец), так как основным сырьем для производства волоконных световодов является двуокись кремния, запасы которого на земном шаре практически безграничны;
- прекрасные массогабаритные показатели: 1 км световода имеет массу порядка 40 г, тогда как коаксиальная медная трубка такой же длины, выполняющая аналогичные функции, весит несколько сотен кг;
- большая строительная длина кабеля, что обуславливает уменьшение количества промежуточных репитеров и муфт и, соответственно, увеличивает надежность сети связи;
- стоимость волоконно-оптического кабеля имеет стойкую тенденцию к снижению, тогда как стоимость электрических кабелей связи постоянно растет.

Перечисленные достоинства волоконно-оптических кабелей определяют эффективность их применения во многих областях техники локальных сетей связи [6].

Волоконно-оптические системы связи имеют также определенные недостатки:

- волоконные световоды подвержены влиянию радиации, которая вызывает увеличение затухания колебаний;
- за счет водородной коррозии в оптических волокнах появляются микротрещины, которые вызывают увеличение затухания и могут привести к разрушению световодов;
- за счет повышенного уровня шумов в оптическом диапазоне длин волн и меньшей мощности передатчиков, энергетический потенциал волоконно-оптической аппаратуры оказывается на 15÷20 дБ меньше, чем у ее электрических аналогов;
- работа с волоконно-оптической техникой предъявляет повышенные требования к квалификации персонала и требует наличия более сложного и дорогого технологического оборудования.

Волоконно-оптическая связь относится к молодым отраслям техники. Предпосылки ее появления были созданы в 1960 году в момент изобретения лазера, а массовые инженерные приложения стали возможны только после 1970 года, когда американская фирма Corning Glass объявила о создании волоконных световодов с потерями менее 20 дБ/км.

В системах межмашинной связи и локальных вычислительных сетях волоконно-оптическая техника начала применяться с середины 70-х годов, однако из-за значительной стоимости элементной базы в тот период ре-

шаемые с ее помощью задачи носили в основном демонстрационный характер. Первые широкомасштабные эксперименты приходятся на середину 80-х годов, когда появился стандарт FDDI, а массовое использование началось спустя примерно 10 лет, причем темпы увеличения количества волоконно-оптических сетей носят поистине взрывной характер. Отметим три основные причины этого явления:

- традиционные электрические кабели перестали в полной мере удовлетворять потребностям практики по дальности и пропускной способности;
- бурное развитие техники оптической связи и связанное с этим стремительное падение цен на волоконно-оптические и оптоэлектронные компоненты привело к тому, что стоимость «электрического» и «оптического» решения широкого класса задач стала соизмеримой;
- быстрый рост масштабов локальных и корпоративных сетей привел к появлению целого класса задач, которые могут быть эффективно решены только с помощью средств волоконной оптики.

Вопросы

1. Что понимается под структурированной кабельной системой?
2. Какие подсистемы включает в себя СКС согласно международному стандарту ISO/IEC 11801:2002?
3. Какие функции выполняет подсистема внешних магистралей?
4. Какие функции выполняет подсистема внутренних магистралей?
5. Какие функции выполняет горизонтальная подсистема?
6. Для чего предназначена подсистема рабочего места, и входит ли она в СКС согласно ISO/IEC 11801:2002?
7. Какие основные преимущества систем волоконно-оптической связи перед традиционными системами связи?
8. Как меняется скорость передачи данных в зависимости от длины тракта на основе волоконно-оптических кабелей?

ГЛАВА 2

ОСНОВЫ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ ПО ВОЛОКОННЫМ СВЕТОВОДАМ

2.1 Описание структурной схемы волоконно-оптической связи

Волоконно-оптическая линия связи представляет собой совокупность пассивных и активных технических устройств и физической среды, обеспечивающих передачу информации от передатчика к приемнику с помощью несущей среды оптического (обычно ближнего инфракрасного) диапазона длин волн по волоконным световодам из сверхчистого кварцевого стекла.

Структурная схема волоконно-оптической связи изображена на рис. 2. Основными элементами схемы являются оптический передатчик - ОПер в начале и приемник - ОПр в конце, а также соединяющий их волоконно-оптический кабель - ВОК.

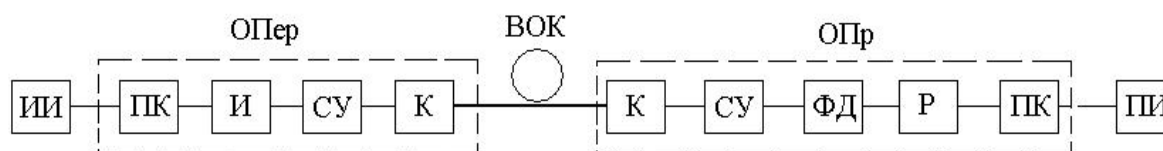


Рис. 2. Структурная схема волоконно-оптической связи

Импульсный сигнал источника информации - ИИ, например, передатчика сетевого адаптера, поступает на преобразователь кода - ПК, который согласует параметры сигнала со свойствами волоконного световода и оптимизирует процесс передачи за счет ввода в сигнал избыточности, необходимой для обеспечения требуемой помехоустойчивости и удобства синхронизации. Преобразованный сигнал модулирует по интенсивности излучатель - И, в роли которого выступает лазер или светодиод. Выходной сигнал излучателя через оптическое согласующее устройство - СУ, основным назначением которого является минимизация потерь ввода излучения в волоконный световод и подавление обратных отражений, и оптический разъемный соединитель (коннектор) - К вводится в ВОК. На приемном конце излучение через коннектор - К и согласующее устройство - СУ поступает в фотодиод - ФД, где осуществляется обратное преобразование оптического сигнала в электрический. После усиления, нормализации и восстановления временных соотношений (регенерации), осуществляемых регенератором - Р, сигнал поступает в преобразователь кода - ПК, который восстанавливает исходное сообщение, поступающее на приемник информации - ПИ сетевого адаптера.

Преобразователь кода, излучатель, фотодиод, регенератор и оптические согласующие устройства (СУ) обычно интегрируются в виде отдельного модуля, входные и выходные электрические цепи которого имеют стандартный интерфейс для связи с микросхемами сетевых адаптеров и других сетевых устройств. Для подключения к оптическому кабелю предусмотрены розетки разъемных оптических соединителей.

Связь обычно происходит по двум световодам, каждый из которых обеспечивает передачу информации в одном направлении. В принципе, обмен информацией может производиться и по одному волокну в двух направлениях. В этом случае применяется направленный оптический ответвитель. Однако такое решение не находит широкого применения на практике из-за существенных потерь энергии в таких элементах и, связанного с этим, значительного сокращения дальности связи.

Как видно, линия оптической связи состоит из модулей и узлов, которые присутствуют в любой радиотехнической системе передачи информации. При формировании сигналов возможно использование разнообразных способов их кодирования, которые применяются в радиотехническом диапазоне длин волн. Вместе с тем, ряд особенностей оптического диапазона и используемая для него элементная база накладывает свои ограничения на конструкцию отдельных узлов системы или может потребовать принятия специальных технических решений.

Существуют аналоговые и цифровые волоконно-оптические системы связи. Из-за значительной сложности обеспечения требуемых качественных показателей оптического тракта аналоговые системы не получили широкого распространения и большинство современных линий волоконно-оптической связи предназначены для передачи цифровых сигналов [6].

2.2 Процессы распространения излучения в волоконном световоде

Основным элементом оптического кабеля является волоконный световод, представляющий собой тонкое стеклянное волокно цилиндрической формы, по которому происходит передача электромагнитного излучения микронного диапазона длин волн, соответствующего частотам $10^{14} \dots 10^{15}$ Гц.

Принцип действия волоконного световода основан на использовании известных процессов отражения и преломления оптической волны на границе раздела двух сред с различными оптическими свойствами. Оптические свойства материала зависят от показателя преломления n . Среда с большим показателем преломления называется оптически более плотной.

При падении луча на границу раздела двух сред появляются преломленная и отраженная волны. Согласно закону Снеллиуса угол падения $\varphi_{\text{п}}$ связан с углами отражения $\varphi_{\text{отр}}$ и преломления $\varphi_{\text{пр}}$ следующим соотношением:

$$\varphi_{\Pi} = \varphi_{\text{отр}}, n_1 \sin \varphi_{\Pi} = n_2 \sin \varphi_{\text{пр}} \quad (1)$$

Причем, если луч выходит из оптически более плотной среды в менее плотную ($n_1 > n_2$), то из (1) следует, что $\varphi_{\text{пр}} > \varphi_{\Pi}$ (рис. 3). По мере увеличения угла падения со стороны оптически более плотной среды можно достичь такого состояния, когда преломленный луч начинает скользить по границе раздела сред без перехода в оптически менее плотную среду (луч 2 на рис. 4). Угол падения, при котором наблюдается такой эффект, называется предельным углом полного внутреннего отражения. Для всех углов падения, которые превышают предельный, будет иметь место только отражение, а преломленная волна будет отсутствовать. Это явление называется полным внутренним отражением, оно положено в основу передачи оптического излучения по световоду.

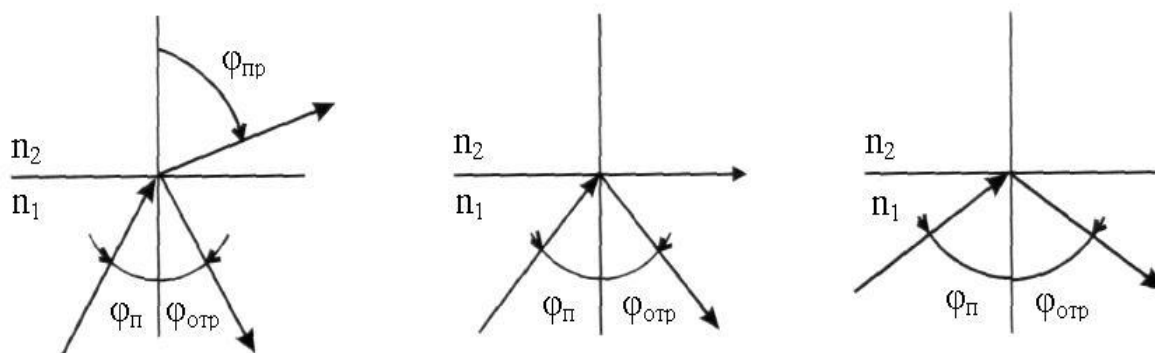


Рис. 3. Падение световой волны на границу раздела двух сред при $n_1 > n_2$

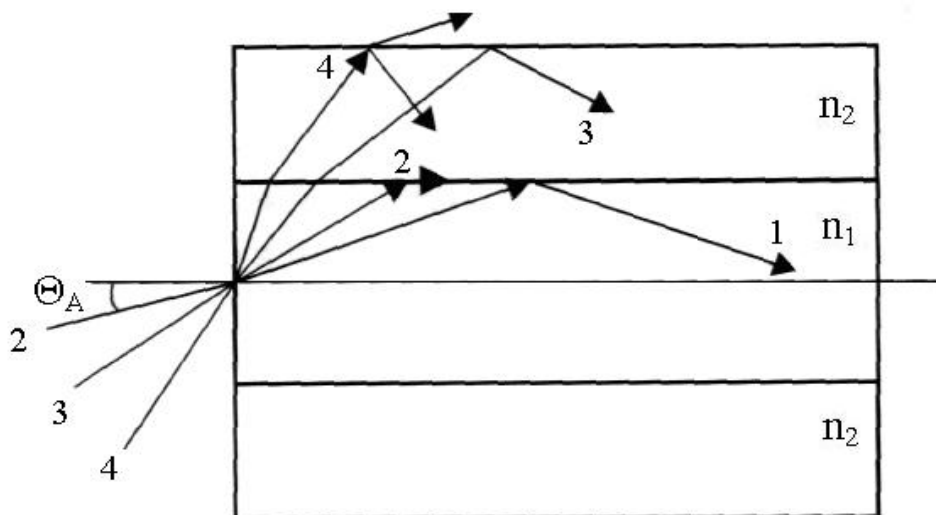


Рис. 4. Прохождение лучей в волоконном световоде

Волоконные световоды чаще всего имеют круглое поперечное сечение и состоят из двух concentric слоев диэлектрика. В центре располагается сердцевина из оптически более плотного стекла, его окружает обо-

лочка из стекла с меньшей оптической плотностью. На границе раздела сердцевины и оболочки происходит отражение лучей света, которые распространяются вдоль оси световода. Таким образом, сердцевина служит для передачи электромагнитной энергии. Оболочка предназначена для улучшения условий отражения на границе раздела сердцевина/оболочка и защиты от излучения энергии в окружающую среду.

2.3 Типы волоконных световодов

Излучение внешнего источника, падающее на входной торец волоконного световода, возбуждает в нем несколько типов волн, которые называются модами. В свою очередь, моды делятся на:

- направляемые;
- вытекающие;
- излучаемые.

К направляемым относятся моды, которые распространяются вдоль сердцевины волокна и обеспечивают передачу информации (лучи 1 и 2 на рис. 4). Направляемые моды считаются основным типом электромагнитной волны и возбуждаются теми лучами, которые падают на торец волокна под углом, не превышающим апертурного Θ_A . Таким образом, апертура определяет максимальный угол между осью световода и направлением оптического луча, при котором свет, вводимый в световод, распространяется по сердцевине световода, испытывая явление многократного отражения от поверхности “сердцевина-оболочка”. Основные типы современных световодов имеют угол Θ_A в пределах от 11,5 до 17 градусов.

Лучи, которые падают на торец волокна под углом, превышающим Θ_A , достигают границы раздела сердцевина/оболочка и за счет преломления в оболочку теряют часть энергии, испытывая при этом большое затухание (луч 3 на рис. 4). Эти моды называются вытекающими.

Наконец, при падении лучей под углами, существенно превышающими Θ_A , часть из них достигает внешней поверхности оболочки и излучается в окружающее пространство (луч 4 на рис. 4). Такие моды называются излучаемыми. Излучаемые моды возникают также в местах нерегулярностей световодов. Появление вытекающих и излучаемых мод приводит к росту потерь и искажению передаваемой информации.

В зависимости от условий распространения световой волны в сердцевине оптические волокна делятся на две группы: одномодовые (SM – single mode) и многомодовые (MM – multi mode), причем последние могут быть ступенчатыми и градиентными (см. рис. 5). В многомодовых световодах диаметр сердцевины выбирается много большим длины волны оптической несущей, и условия полного внутреннего отражения выполняются для нескольких типов волн (мод), количество которых обычно составляет от 1000 до 2000. В одномодовых световодах диаметр сердцевины



Рис. 5. Типы волоконных световодов

соизмерим с длиной одной волны и, за счет этого, в нем существует только одна направляемая мода (см. рис. 6(в)).

Показатель преломления оболочки обычно имеет постоянное значение, тогда как показатель преломления сердцевины может оставаться постоянным или же изменяться вдоль радиуса по определенному закону, который носит название профиля показателя преломления.

Простейшим типом волоконного световода является так называемый ступенчатый световод, в котором показатель преломления материала сердцевины не меняется по мере удаления от оси волокна вплоть до оболочки. В ступенчатых многомодовых волокнах траектории лучей отдельных мод имеют вид зигзагообразных линий (см. рис. 6(а)).

От профиля показателя преломления в значительной степени зависят частотные свойства многомодовых световодов, поэтому на практике часто применяют отличные от ступенчатых профили. Так, например, в градиентном световоде показатель преломления плавно снижается по мере удаления от оси по закону, близкому к квадратичной параболе (см. рис. 6(б)).

В таких волокнах траектории распространения большинства лучей представляют собой плавные кривые.

Аналогичное положение справедливо и в отношении одномодовых световодов, в которых выбором подходящего профиля показателя преломления можно значительно улучшить их дисперсионные параметры. Так, например, известны одномодовые волокна с треугольным, W-образным и другими профилями [6].

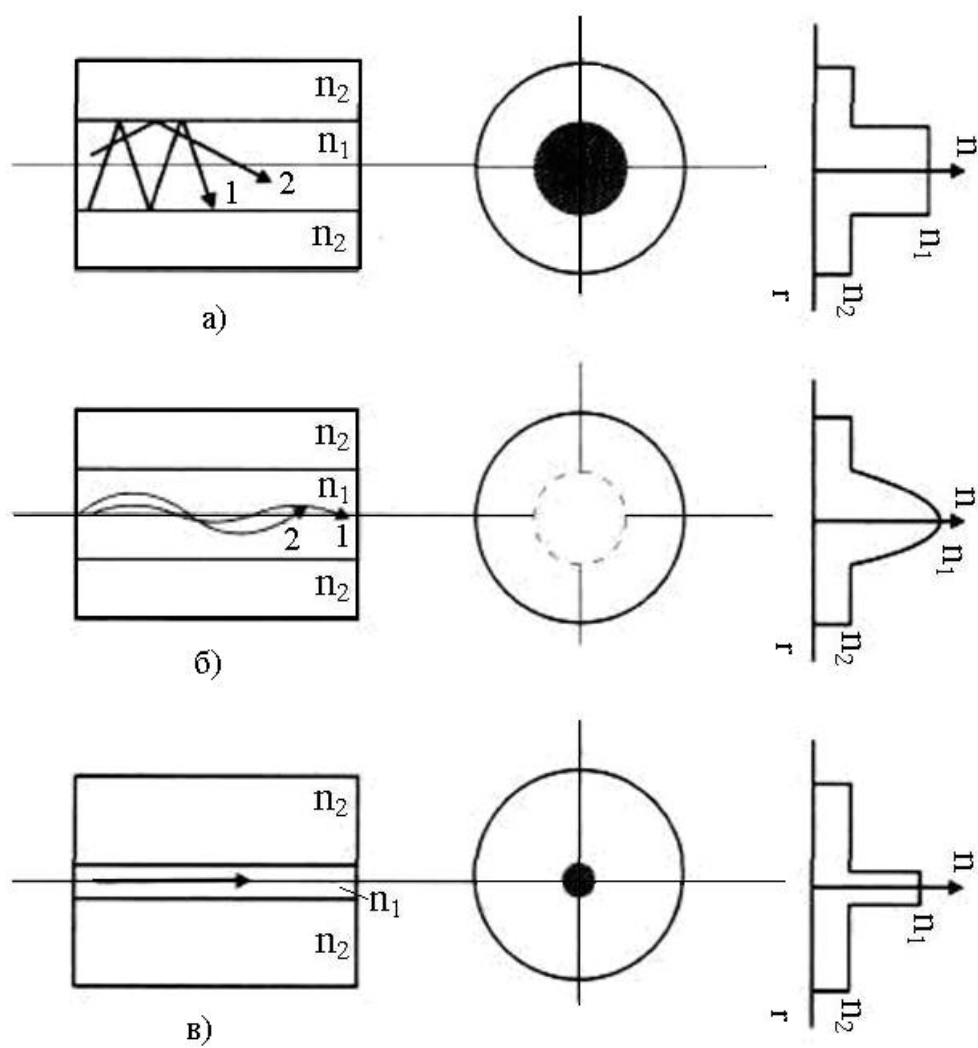


Рис. 6. Распространение световых лучей в световодах: а) ступенчатом многомодовом, б) градиентном многомодовом, в) одномодовом

Вопросы

1. Опишите структурную схему волоконно-оптической связи.
2. Почему для однонаправленного информационного канала используется два ОВ?
3. По какому принципу происходит передача информации по ОВ?
4. Чем отличается одномодовое от многомодового ОВ?
5. Объясните в чем разница между направляемыми, вытекающими и излучаемыми модами?
6. Какое количество мод может содержать многомодовое ОВ?
7. На какие свойства ОВ влияет профиль показателя преломления?
8. Какие типы профилей вы знаете?

ГЛАВА 3

ОПТИЧЕСКИЕ РАЗЪЕМЫ. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

3.1 Назначение и основные требования к ОР

Одной из важнейших проблем, которую приходится решать при создании практически любой линии оптической связи, является необходимость сращивания ОВ друг с другом. В общем случае данная задача может быть решена двумя принципиально различными способами: с помощью разъемных или неразъемных оптических соединителей (рис. 7). Неразъемные соединители, которые иногда называются сростками, широко применяются при создании линий связи большой протяженности (например, сетей связи общего пользования масштаба города и более), а также при сборке оконечных коммутационных устройств в случае привлечения для этого технологии монтажных шнуров.

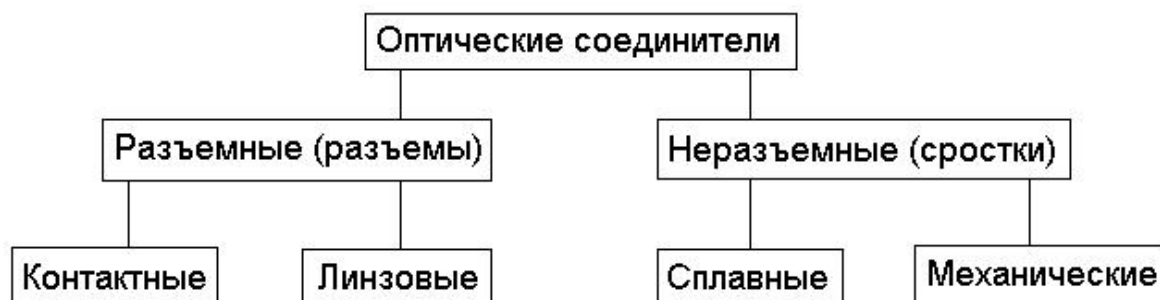


Рис. 7. Основные разновидности оптических соединителей

Оптические разъемы (разъемные соединители) предназначены для сращивания световодов в тех случаях, когда во время эксплуатации часто возникает потребность в изменении конфигурации трактов передачи информации, или же существует повышенная опасность повреждения кабельного изделия на определенном участке тракта. Специфика построения оптических трактов СКС, обусловленная их относительно небольшой протяженностью, приводит к тому, что для сращивания световодов используются в основном оптические разъемные соединители, которые подробно рассмотрены ниже.

Оптические разъемы (ОР) [7], служат для подключения шнуровых изделий различного назначения к коммутационному оборудованию в технических помещениях различного уровня, ИР рабочих мест и к сетевым устройствам. В некоторых ситуациях ОР может выполнять функции сростка или являться важным функциональным компонентом элемента специального назначения. ОР выполняет следующие основные функции:

- обеспечивает ввод ОВ в точку сращивания таким образом, чтобы радиус изгиба не уменьшился ниже предельно допустимого значения;

- защищает ОВ от внешних механических и климатических воздействий;
- фиксирует соединяемые световоды в центрирующей системе.

Основные технические требования, которым должны отвечать ОР, используемые в оптических подсистемах СКС, заключаются в следующем:

- обеспечение минимального вносимого затухания (Insertion Loss - IL) в сочетании с получением высокого затухания обратного рассеяния (Return Loss - RL);
- достижение долговременной стабильности и воспроизводимости параметров;
- минимальные габариты и масса при высокой механической прочности в сочетании с требуемым уровнем надежности и простотой конструкции;
- простота монтажа;
- простота процесса подключения и отключения.

Требования к ОР содержатся в обоих основных нормативных документах СКС (TIA/EIA-568-B и ISO/IEC-11801). Стандарты фиксируют только самые общие положения и задают:

- тип ОР, допустимый для применения в оптических подсистемах СКС;
- основные эксплуатационные параметры ОР;
- правила подключения ОР.

В СКС согласно стандарту ISO/IEC 11801:2002 на уровне ИР рабочих мест можно использовать оптические разъемы типа SC в дуплексном варианте. Американский стандарт TIA/EIA-568-B.1 допускает устанавливать на рабочих местах пользователей разъемы SC и изделия других типов, под которыми понимаются малогабаритные ОР без конкретизации их конструкции. Отнесение последней разновидности соединителей к группе SFF (от Small Form Factor) позволяет применять эти элементы как взаимозаменяемые изделия, так как дуплексная розетка совместима по посадочным местам с розеткой электрического модульного разъема или одиночной розеткой ОР типа SC.

При расширении существующих СКС, оптическая подсистема которых реализована на основе ОР старых типов (например, ST, который входил в перечень рекомендованных для применения в предыдущих редакциях основных стандартов СКС), их можно продолжать использовать и далее. Правовым основанием для этого может считаться положение стандарта TIA/EIA-568-B.1, согласно которому в кабельных системах для облегчения выполнения процедур изменения конфигурации, в том числе при перемещениях пользователей, целесообразно применять ОР одного типа.

Конкретный тип ОР коммутационного оборудования, устанавливаемого в технических помещениях, стандартами не оговаривается. Здесь могут быть использованы все типы оптических соединителей,

допускаемых IEC. Рекомендуется, однако, применять при их установке схемы монтажа, кодировку и другие аналогичные опции, используемые в отношении разъема SC.

Для подключения к СКС активного сетевого оборудования, сетевой интерфейс которого реализован с использованием разъемов других типов, можно применять комбинированные оконечные шнуры, с одной стороны кабеля которого установлены вилки разъема SC, а с другой - вилки ОР другого типа. Не исключается также применение адаптеров (переходников) с разъемов SC на изделия другого типа, которые рассмотрены в разделе 9.6.

Перечень нормируемых эксплуатационных параметров ОР включает в себя: величины максимально допустимых вносимых потерь, минимального коэффициента обратного отражения, рабочих температур и долговечности: количество циклов подключения-отключения, при котором остальные характеристики разъемов не выходят за разрешенные пределы. Числовые значения этих параметров приведены в табл. 2.

Таблица 2. Основные характеристики оптических разъемов по ISO/IEC 11801:2002

Параметр	Разъемы	
	Многомодовые	Одномодовые
Номинальный диаметр оболочки волокна, мкм	125	125
Затухание, дБ	$\leq 0,75$	$\leq 0,75$
Коэффициент обратного отражения, дБ	≤ -20	≤ -35
Количество циклов соединения-разъединения	≥ 500	≥ 500
Рабочий диапазон температур, °C	-10...+60	-10...+60

Основной европейский стандарт EN 50173-1:2002 (E) в отличие от американского и международного аналога более жестко подходит к нормированию допустимого затухания: 0,5 дБ для 95% соединений и 0,75 дБ для 100% соединений.

Рабочий температурный диапазон оптических разъемов СКС согласно стандарту ISO/IEC 11801:2002 должен составлять от -10 до +60 °C.

На практике у большинства конструкций он колеблется от -40 до +85 °C, то есть совпадает с рабочим температурным диапазоном ОК внешней прокладки.

Отметим также относящуюся к области эксплуатации рекомендацию стандарта ISO/IEC 11801:2002 об очистке торцевых поверхностей соединяемых ОВ перед выполнением соединения ОР.

В соответствии с требованиями стандартов СКС розетки любого ОР, допускающего применение одиночных вилок, должны снабжаться фабричной или наносимой непосредственно на объекте монтажа символьной маркировкой, в виде букв А и В. Вилку с маркировкой А всегда необходимо подключать к розетке с такой же маркировкой, и наоборот. Данное правило распространяется также на дуплексную вилку разъема SC, которая по стандарту должна иметь разную маркировку своих составляющих. При этом, если смотреть на нее со стороны накопечников так, чтобы ключи были сверху, левая вилка всегда должна маркироваться символом А, а правая - символом В. Маркировка проходной розетки ОР в соответствии с этим принципом обязательно имеет следующую особенность. По разным своим сторонам ее гнезда обозначаются различными символами (см. рис. 8). Смысл символьной маркировки вилок и розеток разъема СКС заключается в том, что она позволяет определить направление «движения» оптического сигнала. Вилка с маркировкой А всегда является источником, а розетка с такой же маркировкой - приемником, и наоборот. Аналогично на сетевом оборудовании розетка с маркировкой А является входом приемника, а с маркировкой В образует интерфейс физического уровня передатчика.

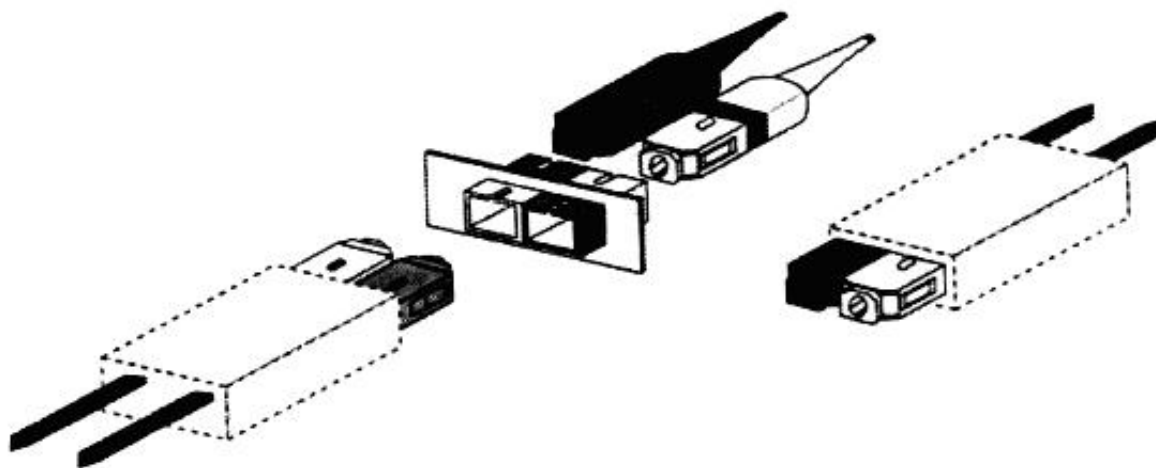


Рис. 8. Схема подключения оптического разъема

3.2 Цветовая кодировка корпусных элементов

Согласно стандартам ISO/IEC 11801:2002 и TIA/EIA-568-B.3 цветовая кодировка корпусов или их отдельных видимых деталей используется для четкой визуальной идентификации типа ОР (многомодовый, одномодовый в обычном варианте и в исполнении APC). Данный принцип применяется в отношении вилок и розеток ОР. Выбор цвета окраски должен осуществляться в соответствии с табл. 3. При этом наличие в международном стандарте двух маркирующих цветов многомодовых ОР позволяет применять их для обозначения ОР типов 50/125 и 62,5/125. Этой возможностью пользуются также некоторые американские производители СКС.

Таблица 3. Стандартные кодирующие цвета элементов корпусов оптических разъемов

Тип разъема	Цвет	
	ISO/IEC 11801:2002	TIA/EIA-568-B.3
Многомодовый	Бежевый или черный	Бежевый
Одномодовый	Голубой	Голубой
Одномодовый с поверхностью APC	Зеленый	—

Кроме компонентов собственно разъемов, стандарт TIA/EIA-568-B.3 позволяет применять цветовую кодировку типа разъема в отношении корпуса розетки пользователя СКС, а стандарт ISO/IEC 11801:2002 рекомендует использовать дополнительные цвета или метки для обозначения элементов ОР многомодовых ОР различных типов. Стандарты не оговаривают конкретные элементы ОР, на которые возлагаются функции цветовой кодировки. Поэтому на практике она, наряду с интегральными установочными корпусными деталями, иногда наносится на такие съемные компоненты, как противопыльные колпачки. Наличие в стандартах данного положения, в сочетании с возможностью окраски в различные цвета не только корпуса, но и прочих элементов вилок и розеток ОР, дает возможность создания очень гибкой и информативной для пользователя системы цветовой кодировки. В качестве примера в табл. 4 приведена одна из возможных реализаций данной концепции, используемая в СКС типа LAN Scape компании Corning [7].

Кроме стандартных цветов, производители могут применять материалы других расцветок для обозначения преимущественно одномодовых ОР со специальными свойствами. В качестве практических примеров такого подхода рассмотрим следующие изделия. В разъемах E-2000 фирмы Diamond, имеющих встроенный фокон (волоконную фокусирующую лин-

зу) для уменьшения плотности мощности в области контакта, применен корпус красного цвета.

В состав СКС Future Com фирмы Corning входят одномодовые ОР класса Hyper PC по обратным отражениям, маркируемые колпачками желтого цвета. Эта же компания применяет окраску всех компонентов, в том числе корпусов вилок и розеток ОР, входящих в систему Xcelerate Plus, в бирюзовый цвет. В данном случае специальная цветовая кодировка потребовалась для визуального выделения стационарных линий, поддерживающих передачу сигналов 10G Ethernet на расстояние вплоть до 500 м.

Таблица 4. Цветовая кодировка многомодовых разъемов СКС LANscape фирмы Corning

Тип волокна	Исполнение волокна	Цвет корпуса	Цвет хвостовика
50/125	Infinicor SX+	Черный	Бирюзовый
50/125	Infinicor 600	Черный	Черный
62,5/125	Infinicor 300	Бежевый	Черный

В период после 2000 г. для разделения отдельных секций коммутационного поля определенную популярность приобрело использование однотипных разъемов в ключевом варианте для механической блокировки некорректного подключения. И в этом случае используется цветовая кодировка, причем при выборе окраски изготовитель, по возможности, старается не использовать цвета, зарезервированные стандартами для обозначения типа волокна и формы торцевой поверхности. В тех случаях, когда этого избежать не удастся, по возможности применяют другие оттенки, например, салатовый вместо зеленого, или синий вместо голубого.

В очень ограниченных пределах известно также применение не предусмотренной нормативными документами окраски корпусов ОР по заказу пользователей. Обычно обоснованием такого перехода служит стремление к получению большего контраста по сравнению со стандартной палитрой цветов (например, бежевого и голубого).

3.3 Основные схемы реализации ОР

В соответствии с рекомендацией L.36 ITU-T [8] в основу классификации ОР положен принцип выравнивания соединяемых оптических волокон. Различают разъемы: с прямым выравниванием (на основе капилляра или V-образного элемента), с вторичным выравниванием (волокна фиксируются в механических направляющих компонентах, которые центрируются с помощью штифтов, гильз и других аналогичных элементов) и разъемы линзового типа. Изделия с прямым и вторичным выравниванием дополнительно объединяются в группу контактных разъемов.

Разъемы линзового типа (см. рис. 9(б)) были достаточно широко распространены на ранних этапах развития техники оптической связи. Эти изделия предполагают использование различных фокусирующих элементов на основе линз или их функциональных аналогов, в фокальной плоскости которых располагаются торцевые поверхности соединяемых ОВ. С помощью первого фокусирующего элемента свет, выходящий из передающего световода, преобразуется в параллельный пучок большого диаметра. Затем второй элемент, расположенный в ответной части разъема, фокусирует падающий на него параллельный пучок на сердцевину принимающего ОВ. Основным преимуществом данного решения является меньшая чувствительность к осевым и боковым смещениям сращиваемых волокон, обеспечиваемая большим диаметром светового пучка в области соединения.

ОР контактного типа (см. рис. 9(а)) предполагают соединение ОВ встык по возможности без воздушного зазора между ними. Одновременно, соответствующими конструктивными мероприятиями дополнительно обеспечивается параллельность их осей друг другу и минимально возможное расстояние между торцами. За счет такого исполнения удастся получить существенно лучшие массогабаритные показатели и принципиально меньшее затухание сигнала (отсутствуют потери в линзах и на френелевское отражение). По этой причине подавляющее большинство современных конструкций ОР реализуют контактную схему соединения.

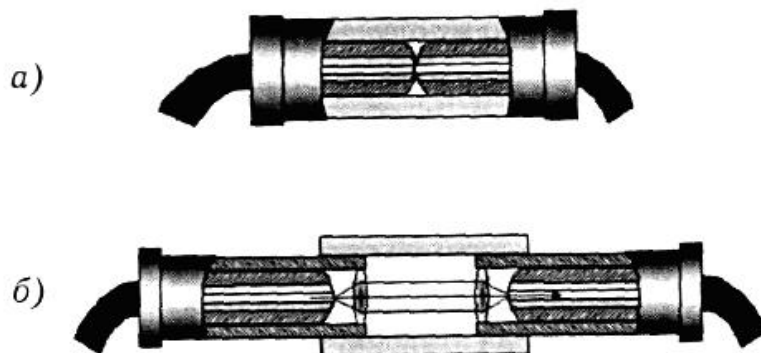


Рис. 9. Схема реализации оптических разъемов: а) контактного типа; б) линзового типа

Основой наиболее популярных конструкций современных ОР является штекерный наконечник. Подавляющее большинство ОР, которые серийно выпускаются промышленностью, реализованы по так называемой симметричной схеме. Она состоит в том, что оба сращиваемых ОВ армируются одинаковыми вилками (коннекторами), которые затем с двух сторон вставляются в соединительную розетку (coupler или adapter), снабженную центратором для их взаимного выравнивания. Заметно меньшее распространение получили так называемые несимметричные ОР, которые содержат всего два элемента: вилку и розетку. Это обусловлено таким экс-

плутационным недостатком изделий данной разновидности, как сложность очистки торцевой поверхности волокна в розеточной части.

Для фиксации вилки, установленной в розетку, в современных конструкциях чаще всего используется защелка (push-pull-механизм по терминологии рекомендации L.36 ITU-T). Она может быть выполнена как внутренний (ОР типа SC), так и внешний элемент рычажного типа (разъемы LC, E-2000, MT-RJ). В разъемах первого поколения функции фиксатора выполнял также байонетный элемент (разъем типа ST), а также накидная гайка многогранной или круглой формы с накатанной поверхностью (разъемы типов FC и SMA).

ОР изготавливаются как в многомодовом, так и в одномодовом вариантах, причем из соображений оптимизации производственного процесса они имеют одинаковое конструктивное исполнение. Основное отличие между многомодовым и одномодовым вариантами однотипного разъема заключается в различных допусках на геометрические размеры наконечника вилки и центрирующих элементов розетки. Ужесточение допусков в одномодовом варианте позволяет обеспечить уровень потерь при сращивании одномодовых ОВ в заданных пределах. Так, например, стандартный диаметр отверстия наконечника вилки для армирования одномодовых световодов составляет 126^{+1}_{-0} мкм, тогда как в наконечниках вилок для многомодовых волокон, значение этого параметра составляет 127^{+2}_{-0} мкм.

Многие многомодовые ОР имеют вилки нескольких разновидностей, которые рассчитаны на установку на волокно с различным номинальным диаметром оболочки (125, 140, 280 мкм и т. д.). Конструктивно они отличаются друг от друга только диаметром отверстия наконечника.

Вся совокупность ОР по их конструктивному исполнению может быть разбита на две большие группы. Изделия, относящиеся к первой группе, называются одиночными или симплексными разъемами и рассчитаны на соединение двух ОВ. Существуют конструкции, получившие название групповых (или многоканальных) ОР, которые обеспечивают одновременное сращивание двух или более пар световодов. При этом доля таких конструкций в общем объеме их выпуска растет очень быстрыми темпами.

Для применения в специальных условиях эксплуатации (повышенная влажность, пары агрессивных веществ и т. д.) используются герметичные ОР. Известны также конструкции так называемых гибридных разъемов, которые позволяют одновременно сращивать как ОВ, так и электрические проводники. В технике СКС они находят ограниченное применение при построении систем интерактивного управления проводкой.

3.4 Система международной стандартизации оптических разъемов

Необходимость обеспечения совместимости компонентов ОР одного типа, изготовленных различными производящими компаниями, объективным образом привела к разработке нормативных документов, регламентирующих различные аспекты этой проблемы. В настоящее время наибольшую популярность получили два таких документа, в которых нормированы параметры наиболее распространенных типов разъемных оптических соединителей.

В Европе и азиатских странах производители элементной базы пользуются преимущественно международным стандартом IEC 61754. Структурно документ состоит из нескольких частей. Первая часть включает в себя общие требования, предъявляемые к ОР. Остальные части (2...21) содержат спецификации конкретных разновидностей разъемных соединителей для кварцевых и полимерных световодов [6].

Таблица 5. Структура стандартов серии IEC 61754 и TIA/EIA-604

№ части	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	15	16	17	18	19	20	21
IEC 61754		BFOC/2,5	LSA	SC	MT	MU	MPO	CF08	DS	Mini-MPO		FC	FC-PC	LSH	PN		MT-RJ	SG	LC	SMI
TIA/EIA-604	Bicinic	BFOC/2,5	SC	FC	MTP/MPO	FJ	SG-45	Mini-MAC	Mini-MPO	LC	SCDC/SCQC	MT-RJ	LX.5	MF	LSH	MU				

Аналогичная стратегия принята в США: имеется базовый стандарт TIA/EIA-604 (FOCIS - от fiber optic connector intermateability). Конкретные типы оптических разъемов описаны в отдельных частях этого документа (см. табл.5).

Вопросы

1. Как подразделяются оптические соединители?
2. Каковы основные функции ОР?
3. Какие технические требования предъявляются к ОР?
4. Какое допустимо значение затухания сигнала при соединении ОР?
5. Какой вид маркировки используется для идентификации типа ОР?
На какой компонент ОР она может наноситься?
6. Перечислите основные достоинства ОР линзового и контактного типов. Какой из них обладает лучшими массогабаритными характеристиками?
7. В чем разница между симметричным и несимметричным ОР?
8. В чем особенность групповых ОР? Гибридных?

ГЛАВА 4

ПАРАМЕТРЫ ОПТИЧЕСКИХ РАЗЪЕМОВ

4.1 Вносимые потери

Согласно рекомендации L.36 ITU-T потери в оптическом разъеме определяются как:

$$A = 10 \lg (P_0 / P_1), \quad (2)$$

где: P_0 - мощность оптического сигнала на входе разъема;

P_1 - мощность оптического сигнала на выходе разъема (см. рис. 10).

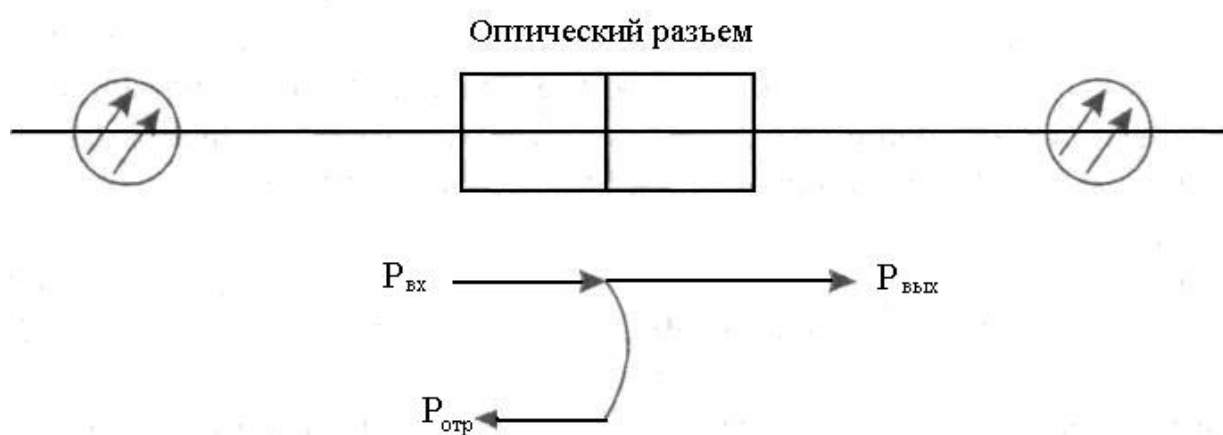


Рис. 10. Определение параметров оптического разъема

Потери в ОР определяются целым рядом причин, которые в общем виде могут быть классифицированы следующим образом [9]:

- внутренние факторы, которые определяются допусками на геометрические размеры ОВ;
- внешние факторы, которые определяются качеством изготовления отдельных элементов разъема и его технологическими допусками;
- отражениями и рассеянием;
- загрязнениями.

К числу основных внутренних факторов, которые вызывают потери в ОР, относятся эксцентриситет и некруглость (эллиптичность) сердцевины, а также разность диаметров, числовых апертур и профилей показателей преломления сращиваемых световодов. Необходимость учета эксцентриситета и некруглости возникала на ранних стадиях развития техники оптической связи. В настоящее время в связи с достигнутым технологическим уровнем изготовления ОВ эти факторы перестали играть первостепенное значение [10]. Так, например, при типичной для современных многомодовых

вых ОВ величине некруглости сердцевины 5% вносимые потери не превышают 0,1 дБ.

Потери за счет разности диаметров сердцевин сращиваемых световодов наиболее часто встречаются на практике в случае применения многомодовой техники, так как стандартами допускается использование в СКС двух типов ОВ со значением данного параметра в 50 и 62,5 мкм. При соединении отдельных световодов такие потери происходят только при переходе из волокна с большим диаметром в ОВ с меньшим диаметром. При сращивании световодов с одинаковыми номинальными диаметрами потери рассматриваемого вида возникают из-за допуска на диаметры сердцевины.

Потери, обусловленные разностью числовых апертур, определяются главным образом производственными допусками на этот параметр.

В перечень составляющих потерь, которые вызываются внешними факторами, входят потери за счет наличия воздушного промежутка между торцами сращиваемых ОВ, радиальных и угловых смещений световодов, а также непараллельности торцевых поверхностей ОВ в разъемах. Потери этого вида обусловлены неизбежными производственными допусками на геометрические размеры отдельных деталей ОР, выполняющих центрирование сращиваемых ОВ.

Потери, возникающие в случаях, когда между торцевыми поверхностями сращиваемых ОВ имеется воздушный промежуток, рассмотрены в п. 5.2.2.

Потери на загрязнение возникают главным образом из-за несоблюдения правил подключения и отключения ОР в процессе эксплуатации кабельной системы. Для минимизации этой составляющей потерь стандарты требуют выполнять очистку оптически активных поверхностей, соединяемых ОВ перед каждым подключением ОР.

Одномодовые ОР согласно рекомендации L.36 ITU-T с точки зрения вносимых потерь делятся на два уровня (grade). Разъемы уровня Р должны обеспечивать средние потери 0,35 дБ при потерях не выше 1,00 дБ для всех возможных комбинаций соединителей. Для разъемов уровня Q средние потери установлены в 0,3 дБ при максимальных 0,60 дБ для 99% всех возможных соединений. Сравнение этих параметров с данными табл. 2 показывает, что в реальных условиях при выполнении требований по наличию физического контакта соединяемых волокон (см. п. 4.2), потери в ОР будут заметно меньше тех значений, которые задают стандарты СКС. Полученный выигрыш позволяет создать дополнительные запасы по уровню общего затухания формируемого тракта.

4.2 Физический контакт в оптических разъемах

Основные стандарты СКС выдвигают достаточно жесткие требования по величине потерь, создаваемых разъемами оптической части структурированной проводки. Нормативные документы содержат только самые общие требования относительно конструктивного исполнения данных элементов кабельного тракта. Известные достоинства разъемов линзового типа при условиях, характерных для области эксплуатации СКС, оказываются не востребуемыми. В силу этого, из соображений удобства эксплуатации, достижения высокой плотности портов на панелях коммутационного поля и т. д., предпочтительным является применение разъемов контактного типа (см. п. 5.1.3).

Разъем контактного типа в общем случае предполагает только непосредственную стыковку соединяемых юстирующих элементов, а не самих волокон. За счет этого, если не применять специальных мер, в собранном состоянии соединителя между ОВ потенциально может существовать воздушный промежуток. Наличие этого зазора обязательно сопровождается появлением эффекта френелевского отражения и формированием в пространстве конусообразного пучка излучения, угол при вершине которого (расходимость) определяется числовой апертурой волокна. Данные эффекты влекут за собой увеличение потерь в разъемном соединителе.

Количественной мерой интенсивности эффекта Френеля является коэффициент отражения, равный:

$$\rho = \left(\frac{n_1 - n_2}{n_1 + n_2} \right)^2. \quad (3)$$

Величина френелевских потерь при $n_1 = 1,48$ на основании формулы 3 составляет:

$$2a_F = 0,34 \text{ дБ.}$$

Значение второй составляющей потерь, возникающей из-за расходимости светового потока, для градиентных волокон может быть оценено соотношением:

$$a_z = -10 \lg \left(1 - \frac{z}{2a} NA \right), \quad (4)$$

где: z - ширина воздушного зазора между волокнами;

a - радиус сердцевины.

Для наиболее распространенного 50-микронного волокна с $NA = 0,2$ при $z = 5$ мкм имеем: $a_z = 0,09$ дБ.

Таким образом, наличие воздушного зазора увеличивает потери в соединителе на:

$$2a_F + a_z \approx 0,4 \text{ дБ,}$$

что является недопустимо высокой величиной.

Для устранения данной составляющей потерь оптический разъем должен быть реализован по схеме так называемого физического контакта (physical contact - PC). Данная схема основана на принудительном обеспечении различными технологическими средствами плотного прилегания

друг к другу сердцевин ОВ в случае штатного подключения вилки к розетке. При этом расстояние между торцевыми поверхностями сердцевин соединяемых волокон оказывается много меньше длины волны передаваемого излучения. Результатом является полное устранение обоих нежелательных эффектов и снижение потерь на 0,4 дБ.

Из-за конечной точности оборудования для механической обработки наконечников, практически невозможно гарантированно добиться полного сближения торцевых поверхностей волокон в структурах с плоской формой торцевой поверхности, популярных в ОР, создание которых было закончено не позднее середины 80-х гг. прошлого века (см. рис. 11(а)). Для достижения физического контакта в современных конструкциях применяется целый ряд технических и технологических приемов, в том числе:

- использование нажимных пружин, которые при вставленных в розетку вилках, прижимают торцы наконечников друг к другу с усилием примерно 8...12 Н;
- формирование у наконечников выпуклой торцевой поверхности (радиус скругления в зависимости от варианта исполнения составляет 5...25 мм), см. рис 11(б).

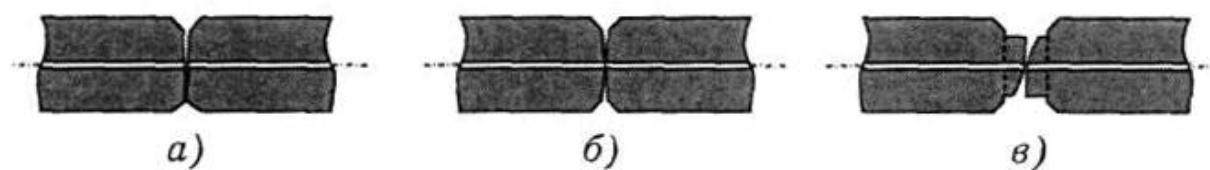


Рис. 11. Формы торцевой поверхности наконечников вилок оптических разъемов: а) плоская; б) выпуклая классов PC, SuperPC, UltraPC; в) скошенная (Angled PC)

Дополнительным положительным следствием от наличия физического контакта является то, что он позволяет в значительной степени подавить явление обратного френелевского отражения. Это является чрезвычайно важным для некоторых разновидностей одномодовых кабельных систем.

4.3 Принцип отнесения потерь

Любой разъемный оптический соединитель в общем случае образуется двумя основными укрупненными блоками: панельной и шнуровой частями. В процессе эксплуатации кабельной системы панельная часть ОР, как компонент тракта передачи информационного сигнала, является неизменной, шнуровая же часть может меняться. Параметр потерь разъемного соединителя имеет смысл только при рабочем состоянии этого компонента, то есть в том случае, если вилка вставлена в розетку в соответствии с правилами, определенными стандартами и установленными производителем элементной базы. Потери сигнала при его прохождении через ОР определяются его панельной и шнуровой частями. Каждая из этих составляющих может быть определена обычным в измерительной технике методом сравнения с эталоном. Однако такое разделение оказывается крайне неудобным с эксплуатационной точки зрения по следующим причинам:

- используемый в сетевой аппаратуре способ передачи информации в оптическом диапазоне длин волн методом модуляции интенсивности несущей, а также схема юстировки компонентов серийного ОР и принцип определения потерь в отдельных компонентах соединителя, не дает гарантий того, что потери в собранном разъеме всегда будут равны сумме потерь в его панельной и шнуровой частях (подробнее см. п. 5.3.7);
- разбиение потерь в одном элементе оптического тракта на две составляющие существенно затрудняет текущее администрирование СКС, в том числе из-за невозможности обеспечения простыми средствами для хранения информации о затухании отдельных вилок различных шнуровых изделий.

Для устранения перечисленных недостатков потери, создаваемые ОР, относят к одному из его компонентов. При этом предпочтительнее выбрать в качестве такого опорного компонента панельную часть разъема. Это обусловлено тем, что:

- в отличие от вилки приборная часть ОР представляет собой фиксированный компонент стационарной линии;
- с учетом правила построения оптической подсистемы структурированной проводки как совокупности стационарных линий и незначительной длины кабелей шнуровых изделий, отнесение потерь на панельную часть разъема позволяет рассчитывать затухание формируемого тракта, как суммы затухания образующих его стационарных линий. Это заметно упрощает эксплуатацию СКС.

Таким образом, в оптической подсистеме СКС целесообразно принять, что потери сигнала в разъемном соединителе создаются только его панельной частью, а вилка условно принимается идеальной. Такой прием называется принципом отнесения потерь. При этом для так называемого

несимметричного разъема таким вносящим потери компонентом является розетка целиком. В симметричных разъемах потери относятся к вилке, вставляемой в розетку со стороны панели.

4.4 Обратные отражения

В любом ОР между торцевыми поверхностями сращиваемых ОВ все равно остаются воздушные зазоры большей или меньшей толщины и/или площади, вызванные неизбежными погрешностями и допусками на изготовление. В таких областях за счет наличия перехода стекло - воздух - стекло возникают френелевские отражения, которые приводят к появлению светового потока, распространяющегося в обратном направлении.

Поток обратного отражения оказывает отрицательное влияние в первую очередь на высокоскоростные лазерные оптические передатчики, так как, попадая обратно в резонатор излучателя, он вызывает сильные искажения передаваемого сигнала [11]. В принципе, причиной возникновения обратных отражений может явиться любая неоднородность оптического тракта, однако наибольший вклад вносят ОР, где опасность их возникновения является наибольшей. На основании этого в процессе создания линий оптической связи значение обратного отражения должно контролироваться достаточно жестко. Количественной мерой интенсивности обратных отражений является коэффициент обратного отражения, который согласно рекомендации L.36 ITU-T определяется следующим образом (см. также рис. 10):

$$RL = 10 \lg (P_r / P_i), \text{ дБ}, \quad (5)$$

где: P_r - мощность потока обратного рассеяния;

P_i - мощность оптического сигнала на входе разъема.

В некоторых публикациях в качестве меры обратного отражения используется эквивалентный параметр ORL (optical return loss), определяемый как:

$$RL = 10 \log P_0 / P_r,$$

то есть [12]:

$$ORL = -RL.$$

Нормы на коэффициент обратного отражения ОР, применяемые при построении кабельных трактов СКС, содержатся в стандарте ISO/IEC-11801:2002 и приведены в табл. 2. Указанная в этом нормативном документе величина обратных отражений для одномодовых ОР (не хуже минус 35 дБ) заимствована из рекомендаций ETSI. Она недостаточна для обеспечения работоспособности с заданным качеством некоторых приложений, и в инженерную практику широко внедрен ряд методов по его снижению. В зависимости от достижимого коэффициента обратного отражения, одномодовые ОР традиционно делят на классы, которые приведены в табл. 6.

Кроме общепринятого деления на классы по уровню обратных отражений, некоторые производители используют свою собственную систему с отличными числовыми величинами и могут вводить промежуточные классы. Так, в частности, в состав СКС FutureLink компании Corning входят вилки с полировкой Hyper PC и параметром обратного отражения минус 60 дБ, а японская фирма Hirose Electric обозначает вилки с коэффициентом обратного отражения в минус 40 дБ как AdPC (от advanced PC).

Таблица 6. Значения коэффициента обратного отражения различных классов оптических разъемов некоторых производителей

Фирма-производитель	MM	PC	SPC	UPC	APC
Типовое значение	-20	-35	-45	-55	-65
Amphenol, США	—	—	-45	-55	-65
Diamond, Швейцария	-40	-50	—	—	-70
Huber+Suhner, Швейцария	—	-45	-50	—	-85
Molex, США	—	—	-45	-55	-70
Radiall, Франция	-20	-30	-40	-50	-60
Senko, Япония	—	—	-50	-55	-65
Telegartner, Германия	-30	-40	—	—	-60
Tyco Electronics, США	—	-50	—	—	-60

В некоторых случаях по классам обратного отражения делят также многомодовые ОР. В частности, такого подхода придерживается японская компания Totoku Electric, которая использует для их обозначения аббревиатуры PC (минус 25 дБ) и SPC (минус 35 дБ).

Отметим также еще два обстоятельства, относящихся к области нормирования параметра обратного отражения. Во-первых, в ОР без скошенного наконечника после нескольких подключений из-за неизбежного появления царапин на торцевых поверхностях сердцевин ОВ, коэффициент обратного отражения устанавливается на уровне PC-разъема в независимости от уровня исходной полировки. Во-вторых, многомодовые разъемы в одномодовом и многомодовом вариантах, как правило, имеют меньшее значение параметра RL на 10...15 дБ по сравнению с одноволоконными изделиями.

Обязательным условием минимизации обратного отражения является наличие физического контакта. Наличие физического контакта особенно важно для одномодовых разъемов. Для этих изделий наряду с мероприятиями, рассмотренными в п. 4.2, используют наконечники со скошенной торцевой поверхностью (см. рис. 11 (в)).

Последний вариант является наиболее эффективным, хотя и самым сложным в технической реализации, и, соответственно, дорогим средством

минимизации обратных отражений. Данная разновидность наконечников называется APC (от Angled physical contact, в Японии часто применяется трактовка этой аббревиатуры как Advanced Physical Polish [13]). Известно также их обозначение как PAE-, HRL- или SP-наконечники (от pre-angled endface, high return loss и slant polishing соответственно). Угол скоса выбирается несколько большим по сравнению с апертурным углом армируемого ОВ, чтобы излучение, отражаемое обратно в сердцевину, быстро высвечивалось в оболочку. В соответствии с этим условием угол скоса наконечников ОР, предназначенных для установки на волокна классов B1.1 (G.652) и B1.3 по IEC 60798-2-50, составляет примерно $8...9^\circ$ (стандартные одномодовые ОВ этих классов имеют параметр NA примерно 0,12, который соответствует апертурному углу $6,8^\circ$). В тех случаях, когда вилки соединителя предназначены для установки ОВ со смещенной дисперсией, которые обладают повышенной числовой апертурой, угол наклона увеличивается до 12° . Отметим, что аппаратура, передатчики которой обладают повышенной чувствительностью к обратному отражению, работает только с одномодовыми ОК. В силу этого, скошенные наконечники применяются исключительно в одномодовых ОР. Для быстрой визуальной идентификации таких изделий наряду с изготовлением корпуса из пластмассы зеленого цвета торцевую часть наконечника часто выполняют с характерным выступом.

Упомянем также еще одно достаточно эффективное техническое решение, которое пользовалось большой популярностью на ранних этапах развития техники волоконно-оптической связи. Оно основано на том, что для минимизации обратных отражений в область контакта ОВ тем или иным способом вводится прозрачная иммерсионная жидкость, показатель преломления которой выбирался максимально близким к показателю преломления стекла сердцевины. Подобное решение существенно усложняет эксплуатацию ОР и, в связи с улучшением технологии обработки наконечников, практически вытеснено из широкой инженерной практики. Аналогичный по назначению иммерсионный гель применяется только в некоторых типах так называемых механических коннекторов и в механических сплайсах, то есть в тех элементах, где число циклов срачивания и разъединения сведено к минимуму.

Вопросы

1. За счет чего в ОР образуются потери?
2. В каком случае при соединении ОВ с разными диаметрами сердцевин возникают потери: при переходе с большего на меньший диаметр, или наоборот? Почему?
3. Перечислите внутренние и внешние факторы, которые вызывают потери в ОР?
4. Когда требуется выполнять очистку оптически активных поверхностей, соединяемых ОВ?
5. К чему приводит возникновение воздушного зазора между ОВ в собранном ОР?
6. Какие приемы используются для обеспечения контакта в современных конструкциях ОР?
7. В чем состоит принцип отнесения потерь?
8. Что приводит к обратному отражению сигнала? На что оно оказывает отрицательное воздействие?
9. Может ли компания-производитель вводить промежуточные классы по уровню обратных отражений?
10. К чему приводит использование наконечников ОР со скошенной торцевой поверхностью?

ГЛАВА 5

ОСНОВНЫЕ КОМПОНЕНТЫ ОПТИЧЕСКИХ РАЗЪЕМОВ И ИХ КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ

ОР представляет собой достаточно малогабаритный элемент. Несмотря на это, он является технически сложным изделием. Конструкцию разъема образуют:

- наконечник или другой элемент для фиксации волокон;
- элемент центрирования срачиваемых ОВ относительно друг друга;
- корпус с элементами защиты от неправильного подключения вилки к розетке и углового поворота срачиваемых волокон относительно друг друга;
- элементы фиксации за упрочняющие покрытия световодов и кабеля;
- хвостовик, обеспечивающий соблюдение заданной величины радиуса изгиба ОВ или ОК на входе в вилку;
- защитный колпачок.

В зависимости от формы реализации ОР те или иные конструктивные элементы из приведенного списка могут входить в состав вилки или розетки, а также отсутствовать вообще.

5.1 Назначение и основные требования к компонентам ОР

Наиболее ответственной деталью вилок большинства типов ОР является наконечник с одним или несколькими прецизионными продольными направляющими каналами, которые предназначены для фиксации концов ОВ. Для уменьшения потерь в точке срачивания торец световода обязательно шлифуется и полируется заподлицо с торцом наконечника.

Конструкция основной массы ОР основана на применении цилиндрических наконечников с номинальным диаметром 2,499 мм (в литературе, как правило, указывают 2,5 мм). В последнее время, в связи с минимизацией габаритов соединителей быстрыми темпами, начинает приобретать популярность использовать эти элементы с номинальным диаметром 1,249 мм (в каталожных спецификациях обычно приводят округленное значение 1,25 мм). Известны также изделия с наконечниками другого диаметра (например, у достаточно распространенного еще в середине 90-х гг. прошлого века разъема D4 японской корпорации NEC, величина этого параметра составляет 2,0 мм).

Наконечники с отличной от цилиндрической формой могут быть осесимметричными или не обладать этим свойством. Примером ОР, в которых использован осесимметричный наконечник, является разработанный в 1976 г. лабораториями Белла разъем BICONIC (рис. 12). У этого изделия центрирующий элемент имеет форму усеченного конуса.



Рис. 12. Вилка разъема типа BICONIC

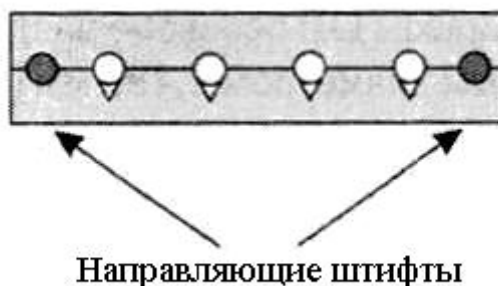


Рис. 13. Схема фиксации и выравнивания волокон в разъемах группы МТ/МРО

Наконечники с формой, близкой в поперечном сечении к прямоугольной, быстро набирают популярность с конца 90-х гг. прошлого века в связи с широким внедрением в практику построения кабельной проводки многоканальных (групповых) ОР (изделия группы МТ/ МРО, см. п. 8.3). Их применение очень эффективно решает проблему механической блокировки неправильного подключения вилки к розетке и защиты срачиваемых ОВ от поворота в момент выполнения коммутации [14].

Для фиксации ОВ в осесимметричном наконечнике предусматривается круглое отверстие. В наконечниках с прямоугольной в поперечном сечении формой для выполнения этой операции могут быть использованы V-образные канавки (см. рис. 13).

Торцевая поверхность наконечника выполняется обязательно с фаской. Это облегчает установку вилки в розетку. Кроме того, в собранном состоянии ОР между наконечниками в краевой их части остается свободное пространство, куда попадают частицы загрязнения, и торцевые поверхности наконечников за счет этого могут быть вплотную прижаты друг к другу.

По конструктивному исполнению наконечники делятся на моноблочные и композитные. Моноблочные наконечники (см. рис. 14) изготавливаются из однородного материала, в качестве которого широко применяются керамика, металл, пластмасса и в единичных случаях стекло. Керамические наконечники превосходят наконечники из других материалов по долговечности и стабильности при работе в широком диапазоне температур. Еще одно полезное свойство керамики заключается в том, что она дает возможность достижения в процессе производства более жестких допусков на

геометрические параметры, то есть меньших вносимых потерь. Но наибольшее распространение для изготовления наконечников получили окись алюминия и окись циркония. Окись алюминия представляет собой более дешевый и хрупкий материал, который разрушается при незначительном давлении. Эксплуатационным преимуществом окиси циркония, которое обеспечивает его большую популярность на практике, является повышенная механическая стабильность и прочностные характеристики, а также меньший размер частиц исходного материала. Это улучшает качество полировки, что сказывается в первую очередь при монтаже в полевых условиях.

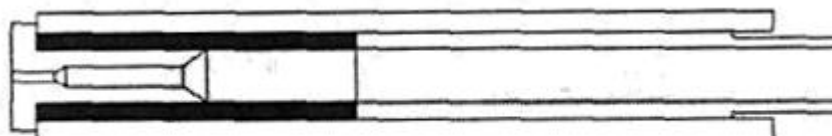


Рис. 14. Цилиндрический наконечник моноблочной конструкции

Использование пластмассы для изготовления наконечника обосновывается главным образом соображениями минимизации стоимости вилки за счет некоторого ухудшения параметров ОР: стабильности и вносимым потерям, которое еще допустимо в многомодовых изделиях. Некоторые типы разъемов имеют металлический наконечник, выполняемый, как правило, из нержавеющей стали, и по своим характеристикам занимают промежуточное положение между изделиями с керамическими и пластмассовыми наконечниками. Применение стеклянных наконечников оправдано главным образом в тех случаях, когда установку вилки на ОВ производят клеем, отвердевающим под действием УФ излучения.

Стандарты СКС накладывают на ОР достаточно жесткие требования обеспечения заданных величин потерь и обратных отражений на протяжении не менее 500 циклов включения-отключения. Исходя из этого, в конструкциях вилок разъемов в подавляющем большинстве случаев применяются керамические наконечники.

Наконечники с составной или композитной конструкцией (см. рис. 15) распространены существенно меньше их моноблочных аналогов. В этой области известны следующие решения. Наконечник вилки ОР типа Е-2000 образован внешней керамической втулкой в сочетании с промежуточной инваровой (сплав Fe-Ni) гильзой и внутренней мельхиоровой вставкой с каналом для волокна. В разработанных в СССР в середине 80-х гг. соединителях типа Лист - Булава основой наконечника является стеклянный капилляр, который заклеен во внешнюю центрирующую металлическую гильзу. Применение более сложных для практической реализации композитных конструкций обосновывается следующими соображениями:

- наличие внешнего покрытия из износостойкого материала позволяет обеспечить более высокую долговечность соединения в процессе эксплуатации;
- при недостаточном уровне технологической базы (особенно на ранних этапах развития техники волоконно-оптической связи) не удавалось достигнуть высокой точности изготовления в твердом материале центрального канала для фиксации ОВ;
- изготовление внутренней вставки из стекла дает возможность использовать в процессе полевой установки ОР более удобные в работе клеевые составы, отвердевающие под действием УФ излучения;
- использование внутренней вставки из стекла упрощает процедуру обработки наконечника при монтаже разъема в полевых условиях за счет меньшей твердости этого материала по сравнению с керамикой;
- применение многослойного наконечника с относительно мягкой внутренней частью позволяет с помощью технологических средств осуществить дополнительную юстировку световода и добиться за счет этого снижения вносимых потерь (подробнее см. п. 5.7).

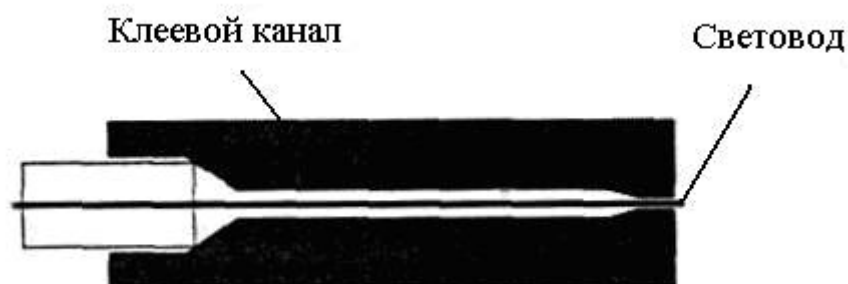


Рис. 15. Цилиндрический наконечник комбинированной конструкции

5.2 Элементы защиты от вращения цилиндрических наконечников и неправильного подключения вилок

Наличие физического контакта сращиваемых ОВ в ОР представляет собой одно из необходимых условий получения малого уровня потерь в сочетании с минимумом обратных отражений и стабильности этих параметров на протяжении всего срока службы кабельной системы. Обратной стороной наличия такого контакта является то, что ОВ в момент подключения и отключения механически взаимодействуют друг с другом. Это с большой вероятностью приводит к повреждениям их торцевых поверхностей и к ухудшению параметров соединения. Риск возникновения дефектов в значительной степени возрастает, если во время установки или отключения ОР происходит поворот ОВ, находящихся в физическом контакте, относительно друг друга. Этот эффект особенно характерен для вилок сим-

плексных разъемов с крепежным элементом на основе гайки. Для предотвращения таких повреждений в конструкциях современных ОР обязательно предусматриваются элементы защиты наконечников от проворачивания (антивращательный механизм). Решение этой задачи на практике может быть достигнуто механической блокировкой вращательного движения наконечника при включении вилки и его полным устранением, то есть следующими способами:

- применением в конструкции вилки направляющего выступа, вводимого при установке в прорезь или в выемку на корпусе розетки (см. рис. 16);
- использованием вилок с цилиндрическим наконечником и с корпусом, форма которого отличается от осесимметричной;
- использование наконечников, форма которых отличается от осесимметричной.

В двух последних случаях подключение вилки в розетке принципиально осуществляется только линейным движением.

Решения первой группы характерны для вилок симплексных ОР, крепление которых к розетке выполняется накидной или байонетной гайкой (разъемы типа ST, FC, SMA и другие изделия первых поколений). Остальные два решения широко используются в современных конструкциях разъемов.

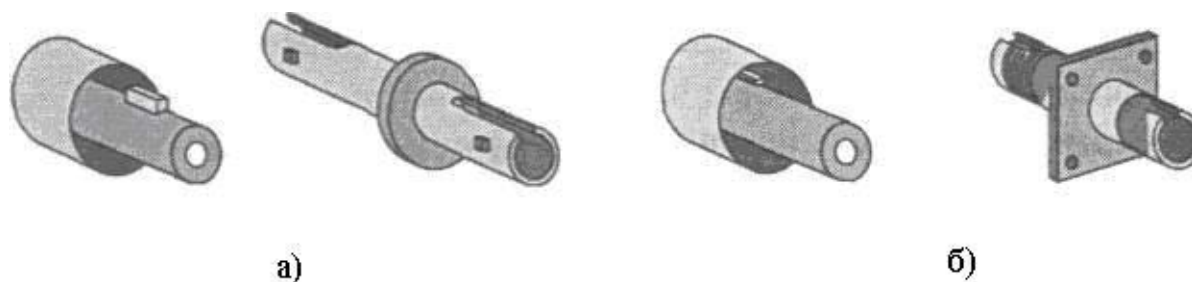


Рис. 16. Основные разновидности элементов блокировки вращения наконечников разъемов с круглым корпусом: а) на основе радиального выступа вилки и прорези розетки; б) на основе осевого ключевого выступа вилки и выемки розетки

Мероприятия по защите от неправильного подключения делятся на пассивные и активные; для их реализации используются различные технические средства.

Основой пассивных мероприятий являются различные цветовые маркирующие элементы и надписи, которые обеспечивают визуальный контроль правильности процесса коммутации. Эффективность технических средств данного уровня существенно увеличивается в случае применения систем интерактивного управления структурированной проводкой.

Активные мероприятия основаны на использовании различных элементов механической блокировки, которые препятствуют неправильному или некорректному подключению вилки к розетке. В этой области известны следующие решения:

- применение корпусов вилок несимметричной формы;
- использование направляющих выступов на вилках с линейным подключением к розетке;
- установка различных вставок и рамок, в том числе подвижных, часто выполненных в форме сменного адаптера и надеваемых как на вилку, так и на розетку;
- реализация оптических портов различного назначения (разных функциональных секций, подсистем и т. д.) на основе ОР различных типов.

В некоторых случаях сочетают активные и пассивные мероприятия. Так, например, блокирующие рамки адаптеров могут выполняться из пластмассы различных цветов.

5.3 Элементы и способы крепления вилки к кабелю

Вилки ОР обычно рассчитаны на установку на ОК для шнуров с защитным шлангом, имеющим внешний диаметр 2,5...3,0 мм. В случае монтажа вилки на ОВ, на него надевается трубчатый переходник с внешним диаметром 2,5...3,0 мм, обеспечивающий соблюдение заданного радиуса изгиба световода в точке входа. В некоторых конструкциях функции этого переходника выполняет полимерный хвостовик. При отсутствии в комплекте вилки такого переходника его заменяют коротким отрезком защитного шланга кабеля для шнуров [15].

Для увеличения эксплуатационной надежности вилки, при ее установке на ОК со шлангом диаметром 2...3 мм, в конструкцию вилок некоторых ОР введена втулка длиной 3...5 мм с упорным фланцем. В процессе монтажа эта втулка надевается на буферную оболочку 0,9 мм ОВ и вдвигается «внатяг» под шланг таким образом, чтобы фланец вплотную прилегал к его обрезу. Применение данного конструктивного решения обеспечивает свободное перемещение световода относительно внешнего защитного шланга в процессе сборки и эксплуатации разъема.

Вилки многих ОР изначально рассчитаны на установку только на определенный тип ОВ (например, в буферном покрытии диаметром 0,9 мм). В продажу поступают также более дорогие - универсальные конструкции, в которых при сборке в каждом конкретном случае используют только часть деталей.

В процессе установки вилки на кабель, из-за особенностей условий эксплуатации, обязательно должна быть обеспечена высокая механическая прочность крепления. Выбор способа крепления во многом определяет

конструкцию хвостовой части вилки ОР. В этой области известны следующие основные решения, схемы которых изображены на рис. 17.



Рис. 17. Варианты исполнения элементов крепления вилки оптического разъема к защитным покрытиям кабеля: а) конусообразная юбка под обжимной инструмент; б) опорная гильза с гладкой поверхностью; в) опорная гильза с ребристой поверхностью; г) опорная гильза с дополнительным цилиндрическим выступом малого диаметра

У вилок первой группы предусмотрена широкая конусообразная тонкостенная металлическая юбка, которая в процессе сборки обжимается кримпирующим инструментом на защитный шланг ОК (см. рис. 17(а)). При таком подходе фиксация буферных покрытий и защитного шланга ОК осуществляется клеем и силой трения. Основным достоинством данной конструкции являются простота сборки, особенно для начинающих монтажников, и возможность предельного уменьшения габаритов. Главный недостаток, определяемый способом крепления к буферным покрытиям, состоит в малой прочности по отношению к вырывающим осевым механическим воздействиям.

Второй более распространенный подход основан на выполнении элемента крепления в форме толстостенной опорной гильзы цилиндрической формы относительно малого диаметра и имеет ряд разновидностей. Во всех вариантах исполнения конструкций данной группы опорная гильза, которая является логическим продолжением наконечника, по диаметру примерно соответствует диаметру шланга кабеля и не охватывает его в рабочем положении.

Еще одним обязательным компонентом является съемная тонкостенная металлическая кримпирующая гильза (рис. 17(б)). В процессе установки вилки упрочняющие кевларовые нити кабеля для шнуров укладываются на поверхность опорной гильзы, после чего на нее надвигается и обжимается кримпирующая гильза. В такой конструкции при воздействии вырывающего усилия сразу же начинают работать упрочняющие нити, что резко снижает вероятность разрушения соединения. Для дополнительного увеличения механической прочности шнуров в вилках некоторых типов ОР поверхность опорной гильзы выполняется ребристой или снабжается накаткой, что улучшает надежность фиксации кевларовых нитей. Длина кримпирующей гильзы близка к длине опорной гильзы. В некоторых конструкциях применяется удлиненное исполнение этого компонента, что позволяет осуществить ее обжим на поверхность опорной гильзы и на внешнюю оболочку кабеля для шнуров (рис. 17(в)). Прочность фиксации обо-

лочки кабеля и эффективность механической защиты ОВ в месте входа его в вилку возрастают, если на конце опорной гильзы предусматривается цилиндрический выступ малого диаметра, вводимый под защитный шланг (рис. 17(г)). В изделиях с такой конструкцией обжим гильзы в процессе установки вилки в обязательном порядке осуществляется два раза: на опорную гильзу и на ее выступ.

Следует отметить, что существуют некоторые типы групповых ОР, в которых механическая прочность крепления вилки обеспечивается только за счет фиксации на внешний защитный шланг кабеля для шнуров. Такое крепление создается с помощью кримпирующего кольца или зажима цангового типа.

Конструкция вилки достаточно часто рассчитывается на работу с ОК определенного диаметра. В том случае, если в процессе изготовления монтажных шнуров вилка, обычно имеющая уменьшенную глубину корпуса за счет применения укороченного хвостовика, устанавливается на ОВ в буферном покрытии 0,9 мм, то в некоторых англоязычных публикациях ее называют BTW-connector (от behind the wall). Аналогично, вилка, рассчитанная на установку на кабель для шнуров, обозначается как jumper-connector. В отечественной технической литературе специальное название не используется и, при необходимости, указывается сам внешний диаметр ОК, на который осуществляется монтаж.

5.4 Хвостовики вилок

Хвостовик представляет собой конструктивный элемент вилки ОР, изготовленный из эластичного полимерного материала. Он обычно имеет приближающуюся к цилиндрической коническую форму с некоторым уменьшением внешнего диаметра к дальнему от вилки концу и длину не более 3...5 см. Одним из факторов, определяющих эксплуатационную надежность шнуровых изделий, является выполнение норм по соблюдению радиуса изгиба ОК. Основным назначением хвостовика является обеспечение плавного перехода от оболочки кабеля шнура к корпусу вилки и обеспечение заданного радиуса изгиба в месте его входа в вилку, то есть в той области, которая является наиболее критичной по этому параметру. На практике находят применение кабельные (standard boot) и волоконные (bare fiber boot) хвостовики, которые отличаются в основном длиной, толщиной стенок для придания необходимой жесткости и диаметром отверстия для прохода через него кабельного изделия (см. рис. 18).

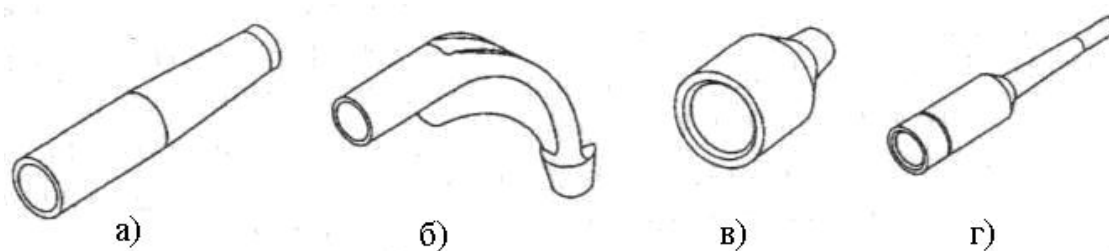


Рис. 18. Форма хвостовиков вилок оптических разъемов: а) обычный прямой; б) угловой; в) короткий под кабель для шнуров; г) для волокна в буферном покрытии 0,9 мм

Увеличение гибкости хвостовика в современных конструкциях часто достигается системой прорезей с перпендикулярной относительно друг друга ориентацией. В хвостовик вилок некоторых изготовителей (например, вилки ОР серии 943 компании Amphenol) дополнительно введена направляющая, принудительно обеспечивающая поворот кабеля на 90° с заданным радиусом (см. рис. 18(б)). Последнее свойство является полезным при подключении к розеткам оптических полок и некоторых конструкций настенных муфт с защитной шторкой.

В настоящее время на практике находят применение несколько типов ОК для шнуров, отличающихся между собой внешним диаметром защитного шланга. Для улучшения качества коммутационных шнуров, собираемых в полевых условиях, некоторые изготовители ОР снабжают вилки своей продукции удлиненным универсальным хвостовиком, в котором отверстие для прохода кабеля имеет коническую форму. В процессе установки вилки лишняя часть хвостовика срезается монтажным инструментом.

Часть вилок ОР старых типов крепится к розетке с помощью гайки (ST, FC). Для увеличения удобства коммутации французская фирма Radiall применяет в таких изделиях хвостовики, диаметр которых ступенчато несколько уменьшается в области, которая примыкает к корпусу вилки. Это обеспечивает более надежный захват крепежной гайки пальцами.

Достаточно часто на хвостовик дополнительно возлагается функция обеспечения цветовой кодировки вилок, позволяющая гарантировать правильность подключения их к розеткам. Данное решение применяется в тех случаях, когда конструкция ОР не предусматривает формирования дуплексной вилки. Иногда данное решение специфицируется на уровне фирменного стандарта производителя. В качестве примера сошлемся на продукцию английской компании Brand-Rex (см. табл. 7). В этой ситуации при изготовлении шнуров заказываются отдельно хвостовики или непосредственно вилки с хвостовиками различных цветов.

Таблица 7. Маркировочные цвета хвостовиков вилок различных типов фирмы Brand-Rex

Тип разъема	Канал А	Канал В
ST	Черный	Красный
SC	Белый	Голубой
FC	Черный	Желтый
LC	Белый	Голубой

5.5 Розетки

Розетка образует гнездовую часть ОР. Конструктивно этот компонент состоит из корпуса с различными крепежными элементами и смонтированного в нем внутреннего центратора (sleeve).

Основным назначением центратора является выравнивание сращиваемых ОВ относительно друг друга. Известен ряд конструктивных разновидностей этого элемента. Наибольшее распространение на практике получили гильзовидные центраторы, которые осуществляют юстировку центрирующей гильзы по внешней поверхности наконечника. Центраторы данной разновидности выполняются по трем основным схемам. Первые две схемы предполагают использование цилиндрических гильз и отличаются друг от друга только тем, что в первом случае гильза выполняется жесткой (см. рис. 19(а)), тогда как во втором случае применяется разрезное исполнение этого элемента (см. рис. 19(б)). Розетки с разрезной гильзой имеют более сложную конструкцию. Этот недостаток полностью компенсируется тем, что за счет эластичности гильзы и возможности ее монтажа в корпусе розетки по плавающей схеме, обеспечиваются меньшие усилия при вводе наконечника в центратор. Разрез центратора чаще всего выполняется прямым. Переход на технологически более сложную диагональную форму разреза обеспечивает улучшение параметров разъема по стабильности характеристик [16]. Розетки с конической гильзой (см. рис. 19(в)) за счет увеличенного диаметра входного отверстия являются существенно более удобными в работе, однако это преимущество сводится на нет высокой сложностью конструкции.

В достаточно распространенных в Западной Европе ОР типа EZ центратор оформлен в виде шарика с просверленным в нем цилиндрическим отверстием (см. рис. 19(г)). В этом случае функции опорной поверхности при выравнивании выполняет внешняя поверхность центрирующего элемента.

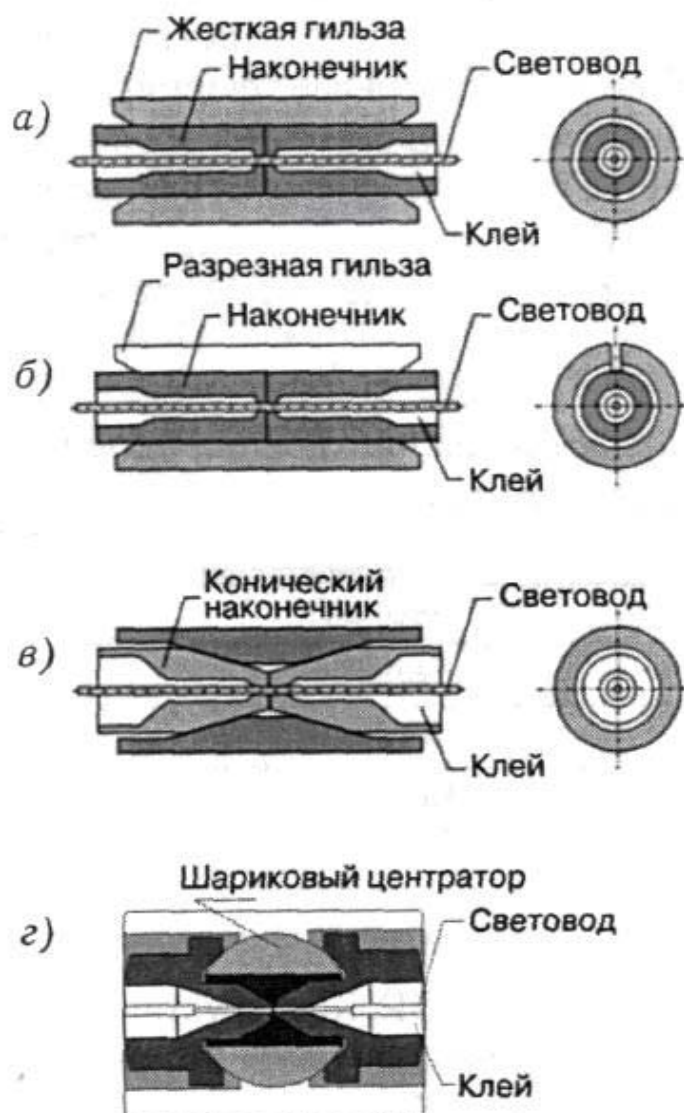


Рис. 19. Схемы реализации центраторов наконечников вилок оптических разъемов: а) на основе жесткой гильзы; б) на основе разрезной гильзы; в) на основе гильзы конической формы; г) на основе шарикового элемента

В розетках ОР без армирующего наконечника также присутствует центратор, реализованный по безгильзовой схеме. Используемые в таких конструкциях решения рассмотрены в п. 7.4. В некоторых типах ОР главным группового типа (например, МРО и МТ-RJ) взаимное выравнивание ОВ производится элементами, конструктивно являющимися компонентами вилок. В этих изделиях розетка выполняет только функции крепежной обоймы.

Аналогично вилкам, розетки выпускаются в многомодовом и одномодовом исполнениях, которые отличаются друг от друга главным образом точностью выполнения центратора и материалом, применяемым для его изготовления. Разрезные гильзы многомодовых центраторов выполняются

из фтористой бронзы, для изготовления одномодовых гильз используют керамику.

Установка розеток на панель коммутационного устройства осуществляется в монтажные проемы. Для симплексных ОР, разработанных в 80-х годах прошлого столетия, форма этих отверстий отличается большим разнообразием (см. рис. 20). Более поздние разработки для достижения универсальности часто конструируются с возможностью монтажа в установочном гнезде 8-контактного модульного разъема кабелей из витых пар.

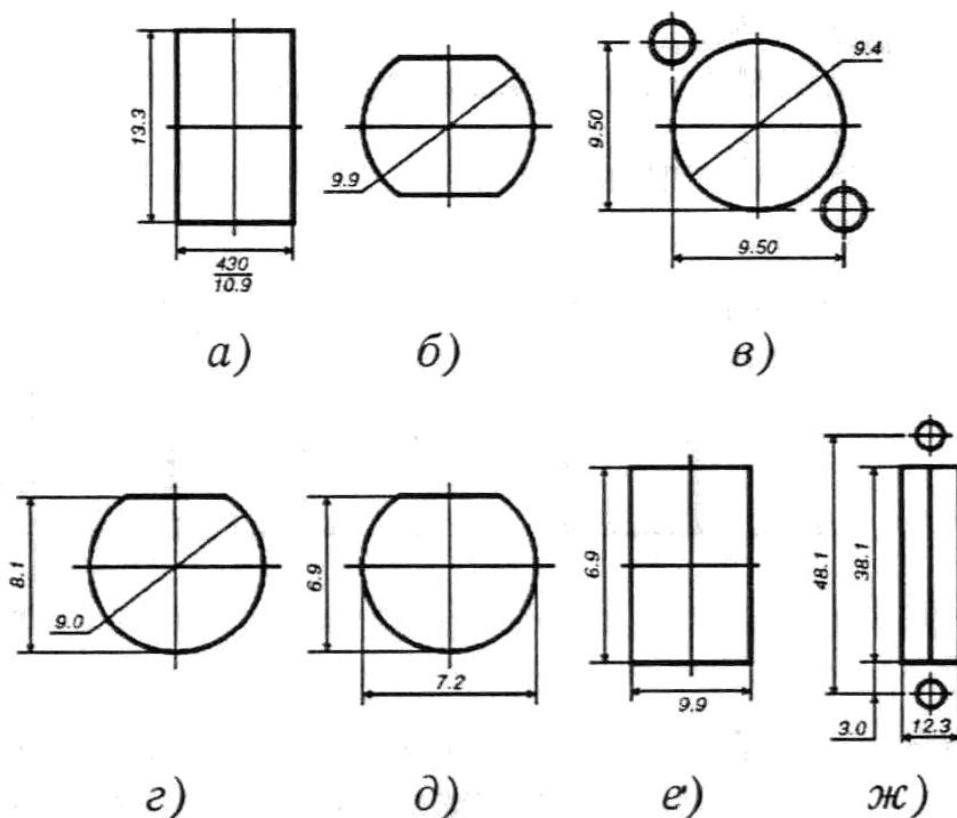


Рис. 20. Установочные отверстия розеток различных типов оптических разъемов первых поколений: а) типа SC; б) типа ST; в) типа FC с квадратным фланцем; г) типа FC, вариант D; д) типа SMA; е) типа SC-D; ж) типа M/C

На корпусе розетки предусматриваются детали для фиксации вилки в рабочем положении (резьба, выступы байонетного фиксатора и др.) и элементы крепления на панели коммутационного устройства. Функции этих элементов могут выполнять резьба под гайку, фланец различной, преимущественно квадратной, формы с двумя - четырьмя отверстиями под винты M2 (square flange adapter или screw-in adapter) и защелка пластинчатого типа (snap-in adapter), причем использование для фиксации защелки характерно для розеток с корпусом из пластмассы. В некоторых моделях малых настенных муфт с пластмассовым корпусом установка розеток SC выполняется за счет наличия паза, куда вводится ее пластмассовый фланец. На

своем штатном рабочем месте при открытой крышке корпуса муфты розетка в этом случае удерживается только силой трения. Иногда, для расширения функциональных возможностей практикуется применение одновременно двух различных элементов фиксации, например, защелки и фланца с отверстиями (ОР типов SC, Optoclip и т. д.).

Розетки ОР могут выпускаться с возможностью их крепления к вертикальной и горизонтальной панелям. Переход от одного типа крепления к другому осуществляется в этом случае простой заменой фиксирующей обоймы с отверстиями под крепежные винты.

Розетки ОР, вилки которых снабжены ключевым или защитным направляющим выступом, согласно действующим стандартам должны монтироваться таким образом, чтобы направляющие пазы для данного выступа были ориентированы в одну сторону (см. рис. 21). Доступные в ограниченном количестве на рынке дуплексные розетки с прорезями, ориентированными в противоположные стороны [17], относятся к продуктам, нестандартным с точки зрения нормативных документов СКС. Тем не менее в отдельных частных случаях они могут быть использованы как средство дополнительной механической кодировки и блокировки определенных портов.

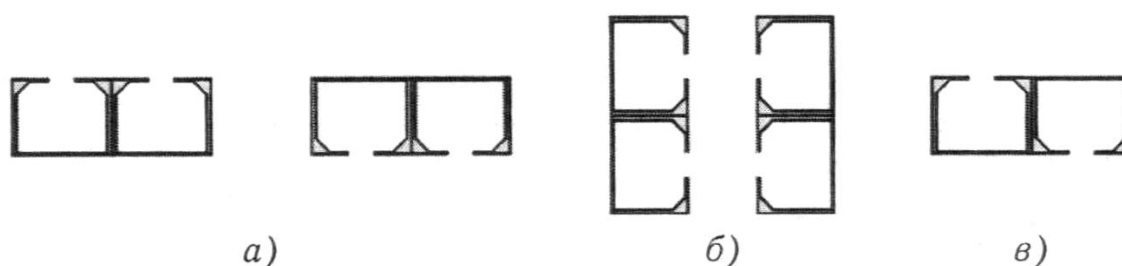


Рис. 21. Правила установки розеток оптических разъемов (на примере SC): а) горизонтальный вариант; б) вертикальный вариант; в) неправильно

В качестве средства визуальной идентификации одномодового и многомодового вариантов, в розетках с пластмассовым корпусом (SC, LC, E-2000 и т. д.) используется цветовая кодировка по табл. 3. Одномодовая и многомодовая розетки с металлическим корпусом (например, ST) в большинстве случаев отличаются друг от друга только маркирующими надписями на упаковке и цветом защитного колпачка. Известны лишь единичные исключения из этого правила. Так, в частности, на внешней обращенной к пользователю части корпуса ST-розетки из оборудования СКС Systimax, методом штамповки формируются фирменный логотип и аббревиатура SM и MM для многомодового и одномодового вариантов соответственно.

Стандарты СКС не конкретизируют материал, из которого изготавливается корпус розетки. Для этого в известных конструкциях используется металл (преимущественно латунь с никелевым покрытием) или пластмасса.

В первом случае из-за высокой механической прочности улучшается эксплуатационная надежность. Розетки из полимерных материалов имеют несколько меньшую стоимость и позволяют применить эффективное цветовое кодирование.

Для защиты центрирующих элементов розетки от загрязнений, а также с целью блокировки попадания мощного лазерного излучения в открытое пространство, розетки многих современных ОР снабжаются шторкой. Этот элемент может быть выполнен в форме внутренней дверцы (см. рис. 22) или по внешней схеме. Известно также исполнение защитной крышки в виде съемного элемента, фиксируемого на передней части розетки с помощью крепежной обоймы.

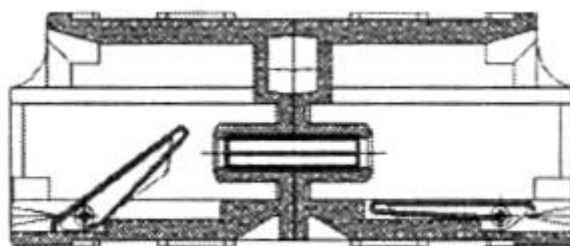


Рис.22. Конструкция розетки симметричного оптического разъема с плавающим центратором и встроенной защитной шторкой (на примере разъема F-3000)

5.6 Защитные колпачки и крышки

Защитные колпачки являются обязательным элементом вилок и розеток основной массы типов ОР. Согласно требованиям стандарта ISO/IEC 11801:2002 они используются для защиты торцевых поверхностей наконечников вилок и гнездовой части розеток от попадания пыли и грязи во внерабочем состоянии.

Съемный защитный колпачок вилки может выполняться в двух основных разновидностях и закрывать, как только ее центрирующий наконечник (см. рис. 23(а)), так и всю переднюю часть ее корпуса (рис. 23(б)). Второе решение чаще встречается в случае, когда наконечник вилки сильно выступает из корпуса (например, ST и DIN). При этом колпачок обычно надевается в натяг на наконечник. В разъеме LC с наконечником диаметром 1,25 мм колпачок выполнен в виде вставки в круглое гнездо корпуса и механически не контактирует с наконечником. В некоторых типах вилок ОР конкретных производителей применяются колпачки сложной формы, которые надеваются на торцевую часть вилки и наконечник. Колпачок вилки является отдельной деталью, в некоторых разъемах преимущественно старых типов (MIC, отдельные варианты ST и FC некоторых производителей)

он снабжается темляком и при подключенной вилке свободно висит на кабеле шнура.

К защитному колпачку вилок ОР предъявляются следующие требования, выполнение которых обеспечивает чистоту срачиваемых ОВ. Во-первых, в рабочем положении он не должен касаться торцевой части наконечника. Во-вторых, для его изготовления должен использоваться материал с достаточно высокой жесткостью. В противном случае, из-за схлопывания в момент съема с вилки, существует опасность попадания на торцевую часть наконечника достаточно большого количества пылевых частиц.

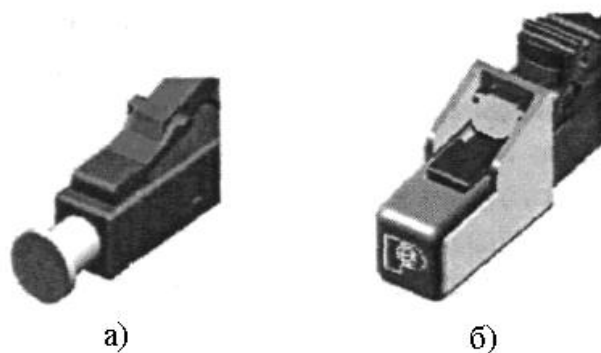


Рис. 23. Различные формы исполнения защитных колпачков вилок: а) с защитой только наконечника; б) с защитой всей передней части вилки

В период после 2000 г. для вилок ОР, фиксация которых в розетке осуществляется внешней рычажной защелкой, большой популярностью стали пользоваться колпачки, изготовленные из тонкого жесткого пластика. Такой колпачок по форме повторяет гнездо розетки, и, за счет этого, в рабочем положении гарантированно не касается торцевой части наконечника. Удобство эксплуатации изделия обеспечивается за счет того, что его установка в нужное положение сопровождается хорошо слышимым щелчком.

Вилки ряда современных ОР имеют защитные крышки, которые являются интегральной составной частью их конструкции. Наличие этого элемента делает ненужным применение защитного колпачка. В разъемах без центрирующего наконечника (см. п. 7.4), из-за низкой механической прочности обнаженного ОВ, применение в вилке интегральной защитной крышки является обязательным.

Колпачок розеток выполняет функции, аналогичные колпачкам вилок. Конструктивно эти элементы могут быть выполнены в форме надеваемого или навинчиваемого колпачка, а также вставки. Для увеличения надежности фиксации вставной колпачок может быть снабжен компонентами, взаимодействующими с соответствующими деталями корпуса розетки. На торцевой части колпачка может быть предусмотрен штырьковый выступ, наличие которого делает процесс его установки и удаления более удобным.

Достаточно часто на колпачок возлагаются функции элемента визуальной идентификации типа разъема. Так, в частности, многомодовые ро-

зетки обычно снабжаются защитными колпачками черного или красного цвета, а одномодовые - традиционного желтого.

Наличие крышки, автоматически закрывающейся при вынудной вилке, особенно важно в случае использования в оптических передатчиках сетевой аппаратуры мощных длинноволновых лазерных излучателей, так как она защищает глаза обслуживающего персонала. Для получения необходимых параметров всего разъема по величине обратного отражения при отключенной вилке шнура, внутренняя поверхность такой крышки может быть выполнена скошенной (аналогичной наконечникам Angled PC). В розетках современных ОР определенное распространение получило применение защитных крышек, которые являются интегральной составной частью их конструкции. Если первоначальный дизайн разъема не предусматривает наличия этого элемента, то крышка может являться компонентом адаптера или же интегрироваться в конструкцию розетки при ее модернизации. Так, в частности, в розетках SC серии 954 компании Amphenol применяется подпружиненная внешняя крышка. В розетках SC компаний Alcoa Fujikura и Krone защитная крышка реализована как составной элемент внешней кодирующей рамки, надеваемой на корпус.

5.7 Методы уменьшения потерь в оптических разъемах

Потери в ОР обусловлены рядом факторов (см. п. 4.1). Значительная часть отдельных составляющих этих потерь может быть уменьшена до приемлемого для практики уровня выбором конструкции соединителя, совершенствованием технологии монтажа и соблюдением правил эксплуатации. Исключением являются принципиально неустраняемые потери, которые определяются наличием смещения осей сердцевины соединяемых ОВ.

Далее для определенности речь пойдет о наиболее распространенных на практике симметричных ОР с осесимметричными (в подавляющем большинстве случаев цилиндрическими) юстирующими наконечниками. Все приводимые для них положения могут быть также распространены на разъемы несимметричной схемы и изделия без центрирующих наконечников.

Юстировка ОВ в разъеме осуществляется косвенно за счет выравнивания наконечников в центраторе розетки. При таком способе соединения смещение осей срачиваемых волокон определяется эксцентриситетом сердцевины и оболочки, а также сердцевины и внешней поверхности наконечника. Свой вклад в возникновение эксцентриситета вносит технологический зазор, обеспечивающий ввод волокна в отверстие.

Конструкции ОР, применяемых в СКС, допускают выполнение юстировки, которая имеет своей целью снижение потерь за счет уменьшения величины эксцентриситета сердцевины ОВ и внешней поверхности наконечника. В настоящее время на практике используется несколько разно-

видностей реализации этой процедуры, которые отличаются друг от друга областью применения и типом исполнения образцовой вилки.

В процессе юстировки ОР оператор подключает его вилку к специально изготовленному мастер-шнуру. Образцовые вилки этого изделия могут быть выполнены в вариантах типов А и В. Вилка типа А изготавливается таким образом, чтобы ось волокна точно совпадала с осью центрирующего наконечника (см. рис. 24(а)). В образцовой вилке типа В ось волокна смещена вдоль радиуса в заранее заданном относительно ключа направлении примерно на половину интервала возможных отклонений (см. рис. 24(б)).

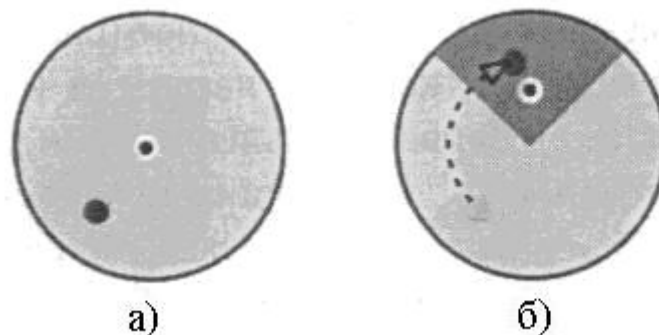


Рис. 24. Области нахождения центров сердцевин соединяемых волокон и волокна мастер-шнура при использовании образцовых вилок типов А и В:
а) непозиционный разъем; б) позиционный разъем

При производстве вилок с керамическим наконечником симметричных ОР используются образцовые вилки типов А и В.

Разъемы, которые в процессе изготовления контролируются с помощью вилки типа А, называются непозиционированными. Основной недостаток ОР данной разновидности состоит в том, что величина потерь зависит не от величины отклонения оси сердцевин каждого световода от оси симметрии, а от абсолютного расстояния между осями сращиваемой пары волокон при вилке, установленной в розетку. Таким образом, в пределе оно достигает удвоенного значения длины интервала возможных отклонений.

При производстве современных разъемов чаще применяется технология юстировки, основанная на использовании образцовой вилки типа В с центром сердцевин волокна, смещенным примерно на половину радиуса возможных отклонений. Конструкция наконечника юстируемой вилки позволяет установить его в процессе сборки в одном из четырех (шести) угловых положений с угловым смещением 90° (60°). Выбор этого положения осуществляется по критерию минимума потерь, после чего наконечник фиксируют в корпусе вилки. В результате применения данной технологии осевое смещение сердцевин соединяемых ОВ не выходит за пределы определенного квадранта, задаваемого образцовой вилкой (схематически отмечен в виде сектора на рис. 24(б)). Вилки, собранные по такой схеме, иногда называются позиционированными, или калиброванными.

В случае использования непозиционированных разъемов величина ожидаемого отклонения осей сердцевин сращиваемых волокон составляет примерно $R/2$. При переходе на технологию юстировки с помощью образцовой вилки типа В, ожидаемая величина расстояния между осями сращиваемых волокон может быть оценена величиной:

$$R / 4\sqrt{1 + (\operatorname{tg} \pi / 8)^2},$$

то есть сокращается примерно в $\sqrt{2}$ раз. Таким образом, максимальное значение потерь не превышает 0,7 дБ при типовом значении этого параметра 0,3...0,4 дБ. Метод юстировки с использованием образцовой вилки типа В рекомендован ИЕС в качестве стандартного для ОР на основе керамических наконечников.

В отличие от наконечников моноблочной конструкции в композитных наконечниках, за счет пластичности материала внутренней вставки, возможно применение других механизмов юстировки.

Так называемая пассивная юстировка не требует обязательного применения образцовой вилки, которая используется исключительно для контроля качества готового изделия. Суть этого механизма заключается в том, что после ввода ОВ в канал еще до затвердевания клея, на торцевую часть мягкой центральной вставки наконечника воздействуют кольцевым штампом с треугольной в сечении формой рабочего органа. В результате выполнения данной процедуры наконечник плотно охватывает концевой участок волокна, уменьшая остаточный эксцентриситет сердцевины до величины допустимой производственными допусками неконцентричности сердцевины и оболочки (см. рис. 25). В современных многомодовых волокнах величина этого параметра не превышает 3 мкм.

Величина неконцентричности в 0,8 мкм, определяемая геометрическими параметрами одномодовых волокон, не может считаться пренебрежимо малой при их соединении в разьеме. Поэтому при работе с одномодовыми ОР, в дополнение к пассивной юстировке может производиться процедура активной юстировки. Она выполняется после затвердевания клея и традиционной для клеевой технологии обработки торцевой поверхности наконечника, и основана на принудительном смещении оси волокна в геометрический центр наконечника, то есть туда, где в непозиционированных разъемах обеспечивается минимум потерь. Для реализации процедуры юстировки применяют другой штамп – в виде сектора с углом

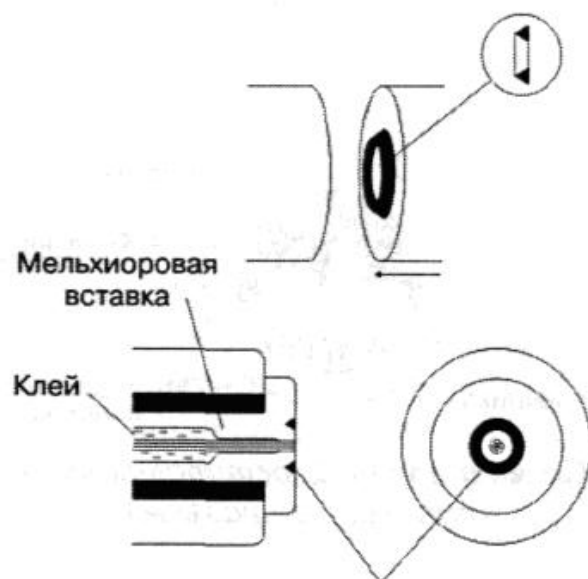


Рис. 25. Схема пассивной юстировки наконечника оптического разъема

раскрыва 120° . В процессе выполнения подстройки, штамп предварительно ориентируют таким образом, чтобы перемещением всей торцевой области наконечника, за счет пластической деформации, свести к минимуму величину остаточного отклонения осей волокна и наконечника (см. рис.26).

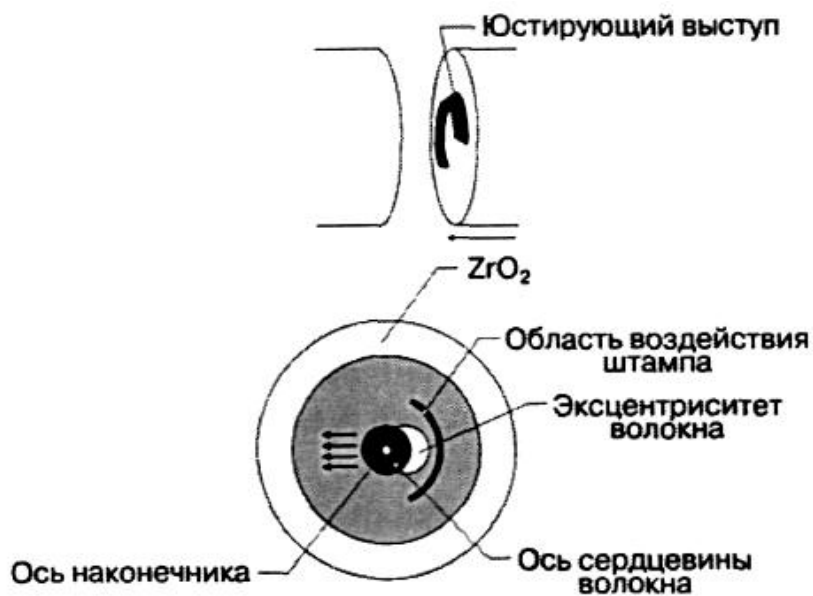


Рис. 26. Схема активной юстировки наконечника оптического разъема

При типовой величине эксцентриситета оболочка - сердцевина современных световодов 0,8 мкм, после выполнения процедуры активной юстировки гарантированно обеспечивается величина эксцентриситета сердцевина- наконечник не более 0,5 мкм, что соответствует средним потерям 0,12 дБ [18]. Разъемы данной разновидности называют иногда центрированными, а контроль качества их изготовления осуществляется с помощью шнуров, волокна которых оконцованы образцовыми вилками типа А.

Вопросы

1. Какая наиболее ответственная деталь в конструкции вилки ОР?
2. Для чего используются наконечники со скошенной торцевой поверхностью?
3. Какие материалы используются при изготовлении моноблочных наконечников? Перечислите их преимущества и недостатки.
4. Какие материалы используются для изготовления композитных конструкций ОР?
5. Перечислите основные способы крепления вилки к кабелю.
6. Какое основное назначение хвостовика ОР?
7. Из каких компонентов состоит розетка ОР?
8. Из каких материалов может быть изготовлен корпус розетки?
9. Какие требования предъявляются к защитному колпачку вилки ОР?
10. Какие существуют методы уменьшения потерь в ОР?
11. Для чего используются и в чем разница между образцовыми вилками типа А и В?
12. Какой вид образцовой вилки используется в современной технологии ОР?
13. Поясните механизмы пассивной и активной юстировки.

ГЛАВА 6

РАЗЪЕМЫ С ОБЫЧНОЙ ПЛОТНОСТЬЮ КОНСТРУКЦИИ

6.1 Разъемы типа SC

ОР типа SC, см. рис. 27, был разработан в 1986 г. японской телекоммуникационной корпорацией NTT и первоначально предназначался для использования в абонентских устройствах различного назначения. В настоящее время разъем нормирован национальными стандартами Японии JIS C-5973 и США TIA/EIA-604-3. На международном уровне характеристики данного изделия задаются международными стандартами IEC-60874-14 (симплексный вариант) и IEC-60874-19 (дуплексный вариант).

ОР типа SC определен действующими редакциями стандартов СКС как основной тип разъемного соединителя для применения в конструкциях ИР в процессе построения кабельной проводки. С учетом этого обстоятельства в американской технической литературе часто употребляется обозначение 568SC или TIA568-A [149].

Название изделия получено как аббревиатура от subscriber connector - абонентский разъем. Среди специалистов часто используются такие неофициальные расшифровки данного сокращения, как Stick-and-Click или Stab Click - вставь (линейным движением вперед) и защелкни, что хорошо передает характерные особенности этого типа ОР. Известна также трактовка аббревиатуры SC как subscription channel.

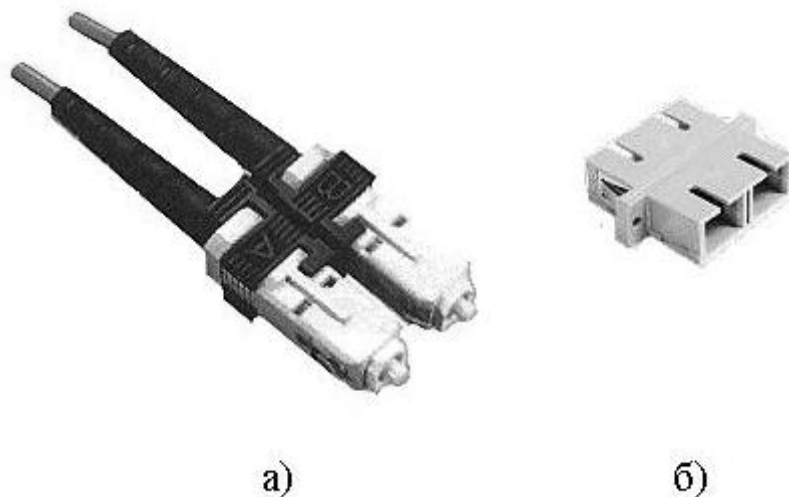


Рис. 27. Основные элементы разъема SC: а) вилка; б) розетка

Основная идея, заложенная в конструкцию рассматриваемого ОР, состоит в создании устройства с пластмассовым корпусом, хорошо защищающим наконечник за счет его максимально полного охвата, и обеспечивающим плавное подключение и отключение линейным движением (принцип push-pull). Используемый принцип коммутации делает этот разъем особенно удобным для применения в оборудовании, предназначенном для

эксплуатации в технических помещениях, так как позволяет увеличить плотность портов за счет сближения осей розеток.

подавляющее большинство вилок SC снабжается наконечниками из керамики диаметром 2,5 мм (0,1 дюйма) длиной 10,5 мм. Наконечник утоплен в корпус вилки и выступает из него всего на 1,9 мм, что достаточно эффективно предохраняет его от загрязнений. Унификация наконечника с разъемом FC [19] позволила сократить время разработки и уменьшить стоимость серийного изделия. На рынке известны также единичные образцы этих компонентов с наконечниками, которые изготовлены из нержавеющей стали.

Корпус вилки имеет ключ, который препятствует ее подключению к розетке в неправильном положении. В отличие от других конструкций, известных к моменту разработки разъема SC, ключ расположен на внешней поверхности корпуса и имеет форму направляющего выступа.

Защелка вилки выполнена по внутренней схеме и открывается только при вытягивании за корпус, что увеличивает эксплуатационную надежность создаваемого соединения. ОР типа SC обеспечивают большую стабильность параметров: согласно стандартам он должен выдерживать не менее 500 подключений и отключений без ухудшения нормативных характеристик. Этому в немалой степени способствует отсутствие эффекта углового поворота наконечников соединяемых вилок относительно друг друга при включении и отключении.

Розетка разъема SC изготавливается из пластмассы. Известны только единичные образцы соединителей с розетками из металла, что позволяет устранить основной недостаток стандартной розетки: малую механическую прочность. Однако невозможность применения цветовой кодировки типа разъема делает такое непопулярным.

Конструкция розетки обычно предусматривает две возможности ее крепления. Первая из них основана на штатной двухсторонней металлической пластинчатой защелке (толщина стенки до 1,8 мм) и позволяет выполнять монтаж с внешней стороны лицевой панели. Второй вариант предполагает применение двух винтов M2 и может быть использован при толщине стенки до 1,2 мм.

Большой пластмассовый корпус вилки и розетки разъема SC позволяет применить эффективную цветовую маркировку типа изделия в соответствии с табл. 3.

ОР типа SC на уровне как вилки, так и розетки может быть выполнен в одинарном и двойном (дуплексном) вариантах. В последнем случае он часто обозначается как SC-D или DSC. Расстояние между осями наконечников вилок в двойном разьеме составляет 12,7 мм. Исходя из соображений получения удобства эксплуатации, стандарты СКС рекомендуют применять его в дуплексном исполнении.

Дуплексная вилка формируется из одинарных двумя различными способами. Первый из них основан на том, что на корпусе вилок предусмотрены штатные фиксаторы в форме компонентов неразборной защелки, которые взаимодействуют между собой в собранном состоянии. Достаточно часто применяется внешняя оправка. Она может быть выполнена в виде обоймы, состоящей из двух симметричных половин с фиксирующими защелками и гнездами для корпусов вилок. Известно также исполнение оправки в форме Н-образной детали, в боковые пазы которой под защелку вставляются вилки (см. рис. 28). Вариантом этой конструкции является Н-образная деталь с дополнительными фиксирующими боковыми дверцами, закрывающими пазы для установки вилок. Глубина корпуса всех рассмотренных выше конструкций составляет примерно 10—12 мм.

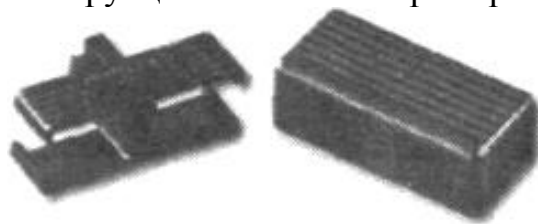


Рис. 28. Варианты выполнения обойм для сборки дуплексных вилок SC

На крепежные оправки, по умолчанию, распространяется принцип цветовой кодировки, используемый в отношении других элементов ОР. В соответствии с этим подходом для формирования, например, дуплексной одномодовой вилки должна применяться оправка из пластмассы голубого цвета. Наличие символической маркировки отдельных гнезд в виде букв А и В обеспечивает правильность установки вилок в обойму и корректность подключения дуплексной вилки к розетке.

В случае заводского производства коммутационных шнуров может применяться моноблочная дуплексная вилка (вариант duplex unibody). Основными преимуществами такого изделия по сравнению с прототипом являются высокая жесткость и стабильность конструкции.

В период после 2000 г. на практике большую популярность получило применение ОР в ключевом варианте, что позволяет обеспечивать механическую блокировку ошибочного подключения (см. п. 7.2 и 7.3). В изделиях SC этот принцип реализуется по двум схемам. Первая из них, применяемая в некоторых типах аппаратуры Fibre Channel, основана на уменьшении ширины ключевого выступа вилки и паза розетки у одномодового варианта разъема, что делает невозможным ошибочное подключение многомодового шнура к одномодовой розетке. Вторая более гибкая схема была внедрена в 2003 г. фирмой Krone, которой был предложен ключевой адаптер, надеваемый непосредственно на гнездо розетки и изготовленный из пластмассы различных цветов. Адаптер выполняет свои функции в том случае,

если кодирующая рамка соответствующего цвета надевается также на вилку.

6.2 Разъемы типа ST

ОР типа ST (от Straight Tip Connector, то есть прямой разъем) был создан лабораториями Bell компании AT&T в 1985 г. в качестве замены устаревшего к этому моменту биконического разъема этого же разработчика. В зарубежной технической литературе аббревиатуру ST иногда трактуют как Single Termination [20], среди специалистов широко используются такие неофициальные расшифровки этого сокращения, как Stick-and-Twist или Stab-and-Twist (вставь и поверни).

До середины 90-х гг. прошлого века ОР типа ST имел наибольшее распространение в оптических подсистемах СКС и ЛВС. Изделие в настоящее время нормируется национальным стандартом США TIA/EIA-604-2 и международным стандартом IEC 60874-10 [21]. Может применяться для работы с многомодовыми и одномодовыми ОК [22,23]. Его конструкция основана на керамическом наконечнике длиной 12,7 мм и диаметром 2,5 мм с выпуклой торцевой поверхностью для достижения физического контакта сращиваемых ОВ (см. рис. 29). После установки вилка фиксируется в рабочем положении в розетке подпружиненной байонетной гайкой, которая для перевода в закрытое состояние поворачивается на 1/4 оборота по часовой стрелке. Поэтому в части публикаций, преимущественно документах нормативно-технического характера, наряду с ST используют применяемое в стандарте IEC 60874-10 альтернативное наименование этого соединителя как BFOC/2,5 (от byonet fiberoptic connector, то есть байонетный ОР с наконечником диаметром 2,5 мм).



Рис. 29. Основные варианты исполнения отдельных компонентов разъема ST: а) вилки; б) розетки

Лабораториями Bell были разработаны три варианта вилок рассматриваемого изделия: ST, STII и STII+1, которые полностью совместимы друг с другом по посадочным местам в розетке и имеют непринципиальные с точки зрения пользователя кабельной системы конструктивные отличия, улучшающие их эксплуатационные свойства по мере перехода к более со-

вершенной модели. Так, в частности, гайка байонетного фиксатора вилки ST имеет открытый в осевом направлении шлиц. У обоих более поздних вариантов разъема этот шлиц, из соображений увеличения механической прочности гайки, закрыт перемычкой (closed coupling nut) (см. рис. 30). В изделии STII+ достигнута полная развязка наконечника от кабеля, то есть действующие на кабель любые осевые механические усилия не передаются на наконечник.

На практике известны многочисленные варианты конструкций ST-разъемов, отличающихся от прототипа в основном формой и материалом байонетного фиксатора, а также принципом крепления корпуса вилки к буферным оболочкам и защитным покрытиям ОВ. Достаточно часто для их обозначения применяется термин ST-совместимая конструкция (ST-Style в англоязычных публикациях).



Рис. 30. Варианты конструктивного оформления гайки байонетного фиксатора вилки разъема ST: а) с закрытой прорезью; б) с открытой прорезью

Металлический корпус вилки и розетки разъема ST обеспечивает ему высокую механическую прочность, однако существенно затрудняет его кодировку и идентификацию. Известны лишь единичные образцы этого изделия одной фирмы с гайкой байонетного фиксатора из желтого и белого металла (решение швейцарской компании Brugg). Иногда на корпусах розеток методом штамповки формируются буквы SM и MM для одномодового и многомодового вариантов соответственно. Большой простор в этом вопросе предоставляет использование в конструкции вилки пластмассовой байонетной гайки, однако при этом теряется преимущество высокой механической прочности изделия. Некоторые компании предлагают вилки ST с хвостовиками из пластмассы разного цвета (см. рис. 29(а)). Достаточно часто на практике применяются также различные кольца, гильзы и другие аналогичные компоненты, которые не являются штатными маркирующими элементами. Данная операция заметно облегчается, если защитный хвостовик не входит в комплект поставки и заказывается отдельно. Для обозначения вилок ST, не имеющих хвостовика в заводской упаковке, французская компания Radiall даже использует специальный термин level «zero» connector.

Крепление розетки в панели коммутационного устройства осуществляется гайкой, накручиваемой на корпусную резьбу. Существенно реже встречаются элементы крепления фланцевого типа.

Конструкция разъема ST принципиально не обеспечивает возможность формирования дуплексной вилки. Соответственно его розетка выпускается основной массой производителей в одиночном варианте. В качестве немногочисленных исключений, подтверждающих это правило, можно сослаться на сдвоенные розетки в одном корпусе компаний Nexans, 3M и Telegartner. Вероятно, из соображений унификации с разъемами SC в этих изделиях расстояние между осями принято равным 12,7 мм (см. рис. 29(б)).

Преимуществами ОР типа ST является низкая цена в сочетании с простотой монтажа и подключения, а недостатками:

- сильно выступающий из корпуса (на 7,9 мм) наконечник увеличивает вероятность его загрязнения;
- отсутствие двойного варианта усложняет процесс подключения дуплексных шнуров и вероятность ошибки при коммутации;
- отсутствие цветовой или другой заводской маркировки затрудняет идентификацию розеток и вилок;
- вращение байонетной гайки фиксатора в процессе коммутации сопровождается трением наконечников вилок, что ведет к повреждению полировки сердцевины ОВ с образованием многочисленных царапин и, в конечном итоге, к увеличению вносимого затухания и уровня обратного отражения после многократных подключений и отключений;
- принцип фиксации на основе байонетной гайки, во-первых, требует значительного свободного места на панели в области установки розетки (finger space), что принципиально не позволяет увеличить плотность портов выше определенного предела и, во-вторых, не обеспечивает необходимой для некоторых приложений стабильности параметров при вибрационных воздействиях [24].

Для частичной защиты наконечников от трения при подключении на узле фиксатора наконечника вилки предусмотрен боковой цилиндрический ключевой выступ, вводимый в прорезь корпуса розетки.

Высокая популярность разъема привела к тому, что он зачастую используется в качестве основы разработок, в котором исправлены некоторые из перечисленных выше недостатков. В ОР типа ST Security применен внешний кожух с винтовым креплением, которое эффективно защищает соединитель от воздействия пыли и позволяет эксплуатировать его при высоком уровне вибраций. Компания 3M вместо крепления байонетной гайкой использовала механизм типа push-pull, аналогичный разъему SC. От SC предложенное изделие визуально отличается в первую очередь несколько большими габаритами корпуса (сечение 11x11 мм) и сильно выступающим из него наконечником.

6.3 Разъемы типа FC

ОР типа FC (от Fiber Connector), см. рис. 31, был разработан в 1980 г. японской корпорацией NTT (Nippon Telegraph & Telephone). В настоящее время его параметры определены международным стандартом IEC60874-7 [25] и американским стандартом TIA/EIA-604-4. Это изделие может применяться для армирования как одномодовых, так и многомодовых ОВ. Тем не менее наибольшую популярность разъем получил в одномодовой технике, используемой в телекоммуникационных системах различного назначения, которые эксплуатируются на сетях связи общего пользования.



Рис. 31. Вилка разъема FC

Наконечник имеет диаметр 2,5 мм и в большинстве случаев изготавливается из керамики. В ограниченном количестве на рынок поступают также многомодовые изделия этого типа с наконечниками, выполненными из металла или по композитной схеме из металла и керамики. Для крепления вилки на розетке используется круглая накидная гайка М8 х 0,75.

Вилки FC-разъема в момент начала его серийного производства комплектовались наконечником с плоской торцевой частью (вариант FC-NC, от non-contacting), что не позволяло получать хорошие эксплуатационные параметры и, в первую очередь, стабильное затухание и величину обратных потерь. Для улучшения эксплуатационных характеристик был осуществлен переход на наконечник со скругленным торцом, наличие которого гарантированно обеспечивает физический контакт срачиваемых световодов. После этого ОР получил название FC-PC (PC - Physical Contact), которое позволяло отличать его от более ранних конструкций. В настоящее время разъемы FC с плоской торцевой частью наконечника больше не производятся, и, поэтому, названия FC и FC-PC являются эквивалентными. Сначала радиус скругления торцевой поверхности составлял 60 мм, затем он был уменьшен до 20 мм.

Конструкция разъема обеспечивает надежную защиту наконечника от загрязнений, а применение для фиксации накидной гайки дает большую герметичность зоны срачивания волокон и надежность соединения при воздействии вибраций. Данное свойство позволяет успешно применять соединитель на подвижных объектах. Главным недостатком изделия наряду с

несколько неудовлетворительными для современных ОР массогабаритными показателями считается неудобство работы из-за необходимости выполнения нескольких оборотов крепежной гайки во время включения-отключения. Это привело к тому, что среди западных специалистов сокращение FC получило неофициальную образную трактовку как Finger cramp - сводит пальцы [26].

ОР типа FC интересен также тем, что является фактически первым серийным изделием массового применения, в котором предусмотрены постоянные штатные средства механической блокировки неправильного подключения. Элемент защиты наконечника от вращения при коммутации выполнен в виде ключевого выступа, который при подключении вилки входит в соответствующий вырез на корпусе розетки. Согласно стандартам IEC ширина выреза составляет 2,15 мм. Некоторые компании выпускают продукцию, в которой для придания свойства защиты от некорректной коммутации применяется различная ширина этого элемента. Так, например, согласно стандарту японской компании Seiko Instruments ширина ключевого выреза розеток, предназначенных для подключения вилок с полировкой PC, составляет 2,4 мм, а розеток для подключения вилок с полировкой APC в варианте так называемого wide key - 2,03 мм, а в варианте narrow key - 2,15 мм.

На практике достаточно широко применяется вилка FC, ориентированная на изготовление монтажных шнуров. От обычных вилок это изделие (FC(S) компании ПТ+, FC Mini фирмы Fiber Source и т. д.) отличается несколько меньшими габаритами и может устанавливаться только на ОВ в буферном покрытии диаметром 0,9 мм.

Розетка разъема FC выпускается в двух основных разновидностях: типа SF (иначе типа NTT) с квадратным фланцем и креплением двумя винтами M2 и типа RF с круглым фланцем и креплением под гайку при толщине стенки до 2 мм. Последний вариант данного изделия иногда называется розеткой D-типа. Отметим, что розетка D-типа может устанавливаться на панели с посадочными отверстиями под розетки ST.

6.4 Разъемы типа MIC и ESCON

Дуплексный ОР типа MIC (от Medium Interface Connector) создан в 1984г. и реализован на основе керамических наконечников с номинальным диаметром 2,5 мм, которые смонтированы в его корпусе по плавающей схеме. На международном уровне параметры разъема нормированы стандартом IEC 61764-12. В настоящее время изделие считается устаревшим в первую очередь из-за своих значительных габаритов и не встречается в новых инсталляциях. Этот разъем интересен прежде всего тем, что явился первым групповым вариантом ОР, получившим массовое применение на практике в области ЛВС.

Изделие было разработано специально для использования в сетях FDDI и было первоначально нормировано стандартом ANSI X3T9.5. Его вилка изготавливается из пластмассы (см. рис. 32(а)), снабжена фиксатором с двухсторонней внешней защелкой. Подключение и отключение вилки производятся линейным движением, а ее корпус хорошо защищает торцы наконечников от загрязнения. Входящая в гнездо розетки, часть корпуса имеет несимметричную форму, то есть не может быть подключена к розетке в неправильном положении (механическая блокировка). Крепление кабеля в корпусе вилки выполняется обжимным кольцом или пластмассовым зажимом цангового типа.

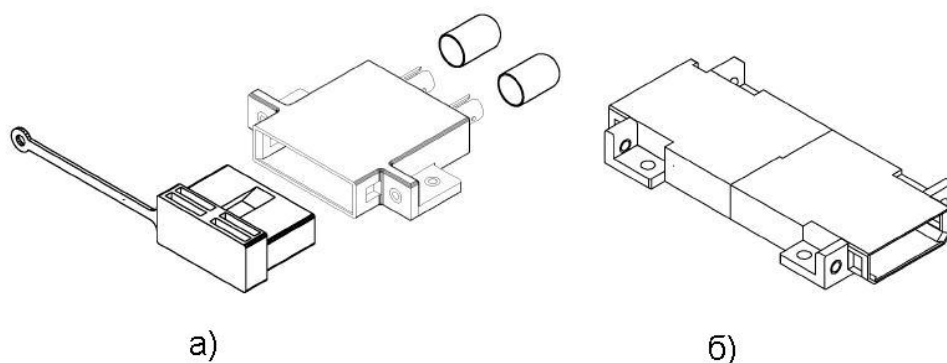


Рис. 32. Вилки duplexных разъемов первого поколения: а) типа FDDI; б) типа ESCON

Разъемы типа MIC являются первыми серийными ОР массового применения, имеющими сменные штатные средства механической кодировки для задания типа порта самим пользователем. Элементы кодировки имеют форму сменных ключей, изготовленных из цветной пластмассы, которые устанавливаются в центральный направляющий паз вилки и в соответствующее гнездо розетки. С учетом типа портов сетевого интерфейса FDDI и правил подключения отдельных рабочих станций, для вилки разъема MIC в общем случае предусматриваются кодирующие вставки шести различных разновидностей, а для кодирования розетки может быть использовано четыре такие вставки (см. рис. 33). В принципе, можно обойтись четырьмя типами вставок, которые позволяют закодировать MIC разъем только для подключения к одному из портов А (красная вставка), В (синяя вставка), М (зеленая вставка) и S (черная вставка) сетей FDDI. К каждой вилке обычно прикладываются три первые из перечисленных вставки. Эти элементы в большинстве конструкций хранятся в барабанном держателе. Держатель входит в комплект поставки каждой вилки и имеет корпус с центральным отверстием, через которое надевается на кабель шнура в процессе оконцевания ОВ. Компанией AMP внедрено в практику более эффективное решение, согласно которому неиспользуемые вставки фиксируются в гнездах в торцевой части защитной крышки.

В системах, которые реализованы в соответствии со стандартом PMD-SMF, применяется одномодовый вариант разъема MIC. В этом случае при маркировке ОР перед типом порта иногда указывают индекс S (от singlemode — одномодовый), то есть используется, например, обозначение MIC-SA.

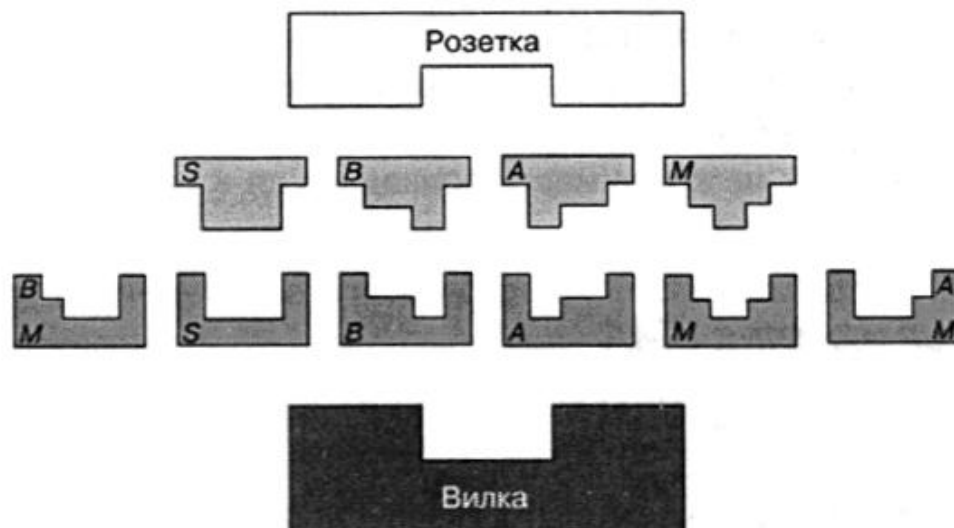


Рис. 33. Система сменных вставок разъемов типа MIC

В середине 90-х гг. прошлого века компанией AMP был разработан усовершенствованный вариант MIC разъема. Модернизация коснулась только задней части его корпуса, которая находится в рабочем положении вне гнезда розетки. От своего предшественника он отличается уменьшенной длиной корпуса и отогнутым под углом 45° хвостовиком для ввода кабеля. По замыслу разработчиков эти нововведения должны увеличить удобство работы с оптическими кабельными системами при большой плотности портов сетей FDDI.

Основной областью использования разъемов MIC является аппаратура системы FDDI. Формально они допускаются также для применения в аппаратуре 100BaseFX, однако серийное оборудование этой системы, снабженное разъемами обсуждаемого типа, неизвестно.

ОР типа ESCON (сокращение от Enterprise Systems Connection) разработан компанией IBM в 1990г. для применения в одноименном интерфейсе, нормирован стандартом IBM SA22-7202-00 и используется главным образом в процессе организации оптических каналов связи между контроллером большой ЭВМ и внешним накопителем [27]. По своей конструкции, оптическим параметрам и массогабаритным характеристикам он очень близок к разъему MIC. Основное отличие состоит в наличии подвижного кожуха на переднем конце корпуса вилки (см. рис. 32(б)). Этот элемент закрывает наконечники, армирующие ОВ, и сдвигается назад только в мо-

мент подключения к розетке. Вариант разъема ESCON, сконструированный компанией AMP, носит название RSD (от Retractable Shroud Duplex).

В настоящее время разъем ESCON, так же как и разъем MIC, считается устаревшим, однако в явном виде или в форме адаптера присутствует в составе штатного оборудования некоторых СКС. Изделие используется в тех случаях, когда возникает необходимость подключения к сети больших объемов активного оборудования IBM.

6.5 Разъемы типа SMA

ОР типа SMA или, точнее, FSMA (от Fiber sub-miniature assembly или Fiber sub-miniature Typ A), см. рис. 34, был разработан еще в конце 70-х гг. американской компанией Amphenol и не утратил своей популярности спустя 20 с лишним лет. Он интересен в первую очередь тем, что является одним из первых стандартизованных на национальном и международном уровнях разъемных оптических соединителей [28]. В настоящее время параметры данного изделия нормированы международным стандартом IEC-60874-2. ОР этого типа представляет собой удачную попытку адаптации на новую область принципов, хорошо отработанных в процессе создания радиочастотного разъемного соединителя SMA. Соединитель имеет две разновидности, обозначаемые как SMA-905 (FSMA-I, FSMA5 или FSMA straight barrel) и SMA-906 (FSMA-II, FSMA6 или FSMA step-down barrel), которые отличаются друг от друга формой концевой участка наконечника. Использование в изделии SMA-906 наконечника ступенчатой формы позволило несколько улучшить его эксплуатационные параметры (см. рис. 34). Крепление вилки к розетке осуществляется шестигранной (Hex Nut) или, реже, круглой (Knurl Nut) накидной гайкой с резьбой M8x 0,75.



Рис. 34. Вилка разъема типа SMA: а) вариант FSMA-905 с круглой крепежной гайкой; б) вариант FSMA-906 с шестигранной крепежной гайкой

Первоначально разъем SMA предназначался для использования только при организации многомодовых трактов, и его вилка была реализована на основе металлического наконечника диаметром 3,175 мм (1/8 дюйма) с

плоской торцевой поверхностью, что не позволяло гарантировать физический контакт сращиваемых ОВ. Затем в части изделий этот недостаток был устранен за счет использования наконечников из металла или керамики, имеющих сферическую торцевую поверхность. Кроме того, применение керамических наконечников позволило получить в разъеме FSMA уровень параметров, достаточный для его применения в качестве элемента одномодовых трактов.

В конструкции разъема не предусматриваются компоненты, препятствующие вращению наконечника при установке, что негативно сказывается на величине вносимого затухания и его долговременной стабильности. Таким образом, характеристики соединителя не в полной мере отвечают требованиям, предъявляемым к ОР для СКС. Кроме техники ЛВС и СКС, разъем рассматриваемого вида достаточно широко применяется в западно-европейских странах и США в промышленных системах, медицинской и военной технике, где нормирован стандартом MIL-C-83522. Этому в небольшой степени способствует то, что за счет применения специальных конструктивных мероприятий степень защиты сращиваемых ОВ может быть доведена вплоть до уровня IP-65 [29].

Из-за особенностей конструкции разъем SMA в настоящее время считается устаревшим. Розетками ОР этого типа комплектуется активное оборудование Ethernet и модемов со скоростью передачи не выше 2 Мбит/с, которые выпускаются главным образом американскими компаниями.

6.6 Разъемы типа DIN

Разъемы типа DIN (от англ., Digital Interface Network), называемые иногда разъемами LSA и LSB (от нем. Lichtwellenleiter Steckverbinder, то есть волоконно-оптический штекерный разъемный соединитель, вариант А или В), разработаны фирмой Siemens для применения в сетях связи Германии, и определены немецкими стандартами DIN 47256 и DIN 47255, а также международным стандартом IEC-60874-6. Основой соединителя изначально являлся керамический наконечник диаметром 2,5 мм со скругленной торцевой поверхностью для обеспечения физического контакта. Фиксация вилки в розетке выполняется круглой накидной гайкой М5,5 х 0,5 внешним диаметром 7 мм с накатанной верхней поверхностью. Конструктивная схема изделия ориентирована в основном на одномодовые приложения.

ОР типа DIN интересен в первую очередь тем, что являлся фактически первым оптическим соединителем массового применения, в технических требованиях к которому заказчиком было заложено положение о предельной минимизации внешних габаритов без ухудшения прочих эксплуатационных параметров. В настоящее время ОР этого типа считается устаревшим и постепенно вытесняется другими типами. В технике СКС встреча-

ется редко и главным образом в тех случаях, когда оборудование для реализации кабельной системы производится в немецкоязычных странах или же предназначено для применения на их территории. Достаточно широкое распространение этот тип ОР получил также в Австралии.

Вопросы

1. Какие достоинства и недостатки у розеток ОР типа SC, изготовленных из пластмассы и металла?
2. В чем преимущества моноблочной дуплексной вилки в SC ОР?
3. Перечислите особенности ОР типа SC.
4. Что позволяет использовать ОР типа FC в условиях действия вибраций?
5. Из-за чего ОР типа MIC не используется в настоящее время?
6. В каких случаях используется устаревший разъем типа ESCON?
7. Из-за каких недостатков ОР типа SMA не в полной мере отвечают требованиям, предъявляемым к соединителям ОВ для СКС?
8. Каково ограничение по скорости передачи данных в сетях с розетками ОР типа SMA?

ГЛАВА 7

РАЗЪЕМЫ С УВЕЛИЧЕННОЙ ПЛОТНОСТЬЮ КОНСТРУКЦИИ

Общим недостатком дуплексного ОР типа SC, в явном виде предписываемого действующими редакциями стандартов СКС для использования в оптических подсистемах, являются достаточно большие габариты. Это не позволяет получить на коммутационных панелях и сетевом оборудовании плотность портов, которая по крайней мере эквивалентна электрическим решениям. Далее рассматривается ряд серийных конструкций, как минимум не уступающих в розеточной части по плотности монтажа модульным разъемам медножильной подсистемы СКС, и в большем или меньшем объеме внедренных в инженерную практику. Все эти изделия объединяет одно общее свойство: их розетка в дуплексном варианте (или элемент, ее заменяющий) по своим посадочным местам полностью соответствует розетке модульного разъема кабелей из витых пар и, в некоторых случаях, является с ней взаимозаменяемой. Подобное свойство позволяет, наряду с увеличением плотности портов, стандартизировать с электрическими решениями также элементы монтажа в панели коммутационного устройства рабочего и технического помещения.

Работы по созданию ОР с улучшенными массогабаритными показателями конструкции (оптические разъемы группы SFF) проводились по четырем основным направлениям:

- применение наконечников уменьшенного диаметра (до 1,25 мм), что позволяет минимизировать габариты остальных деталей вилки и розетки;
- модернизация серийного изделия с миниатюризацией отдельных компонентов и увеличением плотности монтажа;
- применение решений, наработанных в процессе создания групповых или многоканальных разъемов;
- отказ от использования центрирующего наконечника.

В основной своей массе рассматриваемые далее конструкции в шнуровой части рассчитаны на совместную работу с ОК, внешний диаметр которых не превышает 3 мм. Только в этом случае удастся в полной мере реализовать их преимущества по массогабаритным показателям.

Отметим также еще одно немаловажное для практики свойство ОР нового поколения: за счет технологических усовершенствований и меньшего расхода материалов цена этих изделий оказывается, по состоянию на начало 2000 г., в среднем на 30% меньше стоимости традиционных соединителей [30].

7.1 Конструкции с наконечниками диаметром 1,25 мм

Одним из наиболее известных представителей первого направления совершенствования оптических соединителей с увеличенной плотностью конструкции является ОР типа LC (см. табл. 8). Компонент данной разновидности был разработан по заказу американской компании Lucent Technologies в 1996 г. [31] и нормирован американским стандартом TIA/EIA-604-10-A (FOCIS 10). На международном уровне разъем описывается стандартом IEC 61754-20.

Свое название изделие получило от английского выражения Link Control, достаточно распространена и неофициальная расшифровка этой аббревиатуры как Lucent Connector по имени заказчика разработки. Встречается также основанная на небольших размерах и характерной форме вилки трактовка сокращения LC как Little Click - маленькая защелка.

Разъем может выпускаться как в одномодовом, так и в многомодовом вариантах. Его предельно простая конструкция выполнена в традиционном стиле и основана на применении вилки с пластмассовым корпусом уменьшенных габаритов и прямой внешней защелкой рычажного типа для фиксации в гнезде соединительной розетки (см. рис. 35). Изделие допускает как одиночное, так и дуплексное использование. В дуплексном варианте расстояние между центрами наконечников составляет 6,25 мм. Для сборки дуплексной вилки из двух одиночных обычно используется фиксирующая обойма, конструктивно выполненная аналогично обойме для вилок SC.



Рис. 35. Разновидности конструкции корпуса вилки разъема типа LC: обычный симплексный и дуплексный моноблочный (duplex uniboot)

В тех ситуациях, когда производитель предусматривает только дуплексное использование разъема и заводскую установку его вилок на круглый 2-х волоконный кабель, возможно применение моноблочного корпуса с общим интегральным хвостовиком (вариант duplex uniboot компании FiberSource), см. рис. 35.

Розетка ОР типа LC, наряду с традиционными для рассматриваемой области применения симплексным и дуплексным вариантами, может иметь также счетверенное исполнение (см. рис. 36). Такую конструкцию применяют компании Leviton и Hubbell в тех ситуациях, когда необходимо получить повышенную плотность портов. Изделие изначально конструировалось для установки в монтажные проемы для дуплексной розетки SC.

Таблица 8. Основные технические характеристики разъемов с наконечниками диаметром 1,25 мм

Тип разъема	LC-MM	LC-SM	F-3000-MM	F-3000-SM	F-3000-SM-APC	LX.5-MM	LX.5-SM	LX.5-APC	MU-SM
Средние потери, дБ	0	0,1	0,15	0,15-0,2	0,15-0,2	0,2	0,12	0,12	0,09
Среднеквадратичное отклонение потерь, дБ	0,1	0,07	0,1	0,1	0,1	-	-	-	0,07
Коэффициент отражения, дБ	-20	-50	-40	-50	-70... -85	-20	-49	-85	-52,1
Изменение потерь после 500 циклов соединения-разъединения, дБ, не более	0,2	0,2	-	-	-	-	-	-	-
Изменение потерь в диапазоне температур - 40...+75 ⁰ С, дБ, не более	0,3	0,1	-	-	-	-	-	-	-

Стандарт FOCIS 10 предусматривает реализацию ОР типа LC в обычном и ключевом вариантах. Ключевое исполнение в том варианте, который нормирован стандартом, отличается от обычного только наличием в передней части корпуса вилки кодирующего выступа, который входит в соответствующее гнездо розетки [32]. В 2005 г. американская компания NORDX ввела в состав производимой ею СКС типа IBDN ключевую версию разъема LC, продвигаемую под наименованием Secure/Keyed LC System. Изделие доступно в шести различных вариантах, визуально отличающихся цветом корпуса вилки и розетки. В отличие от других дуплексных ключевых разъемов, в данном изделии элементы механического кодирования выполнены по внутренней схеме. Конструктивно они реализованы в виде несимметричного исполнения внутренней гнездовой области корпуса в той его части, которая охватывает центрирующий наконечник.

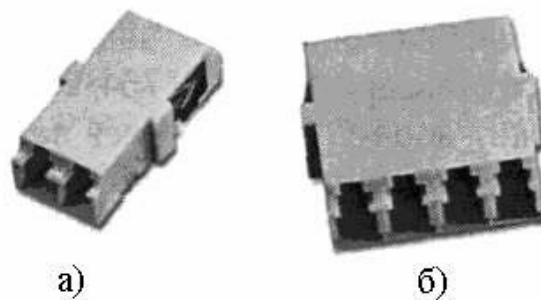


Рис. 36. Варианты исполнения розетки разъема LC: а) дуплексный; б) счетверенный

Большая популярность разъема LC привела к появлению многочисленной группы обратно совместимых изделий, в которых улучшены различные потребительские параметры прототипа. Разъем LC швейцарской компании Huber+Suhner отличается возможностью установки на заднюю часть корпуса симплексной и дуплексной вилки кодирующей обоймы, которая изготавливается из пластмассы двенадцати различных цветов и облегчает идентификацию в процессе эксплуатации.

В 2003 г. компанией Panduit предложен вариант вилки разъема LC, отличающийся от прототипа «обратной» схемой исполнения фиксирующей защелки (rear pivot latch). Такая конструкция (см. рис. 37(б)) в случае одиночной вилки устраняет характерный для первоначального варианта эффект цепляния рычага защелки за кабели других шнуров и делает процесс эксплуатации существенно более удобным [33].

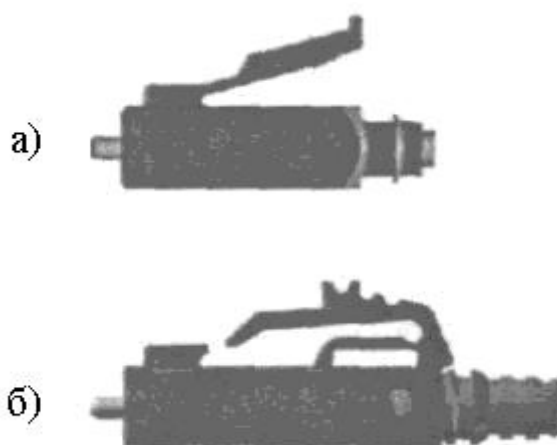


Рис.37. Варианты исполнения фиксирующей защелки вилки разъема LC: а) традиционная конструкция; б) вариант rear pivot latch компании Panduit

В 2005 г. немецкая компания Euromicron продемонстрировала вилку одно-модового разъема LC с металлическим корпусом. Модернизация проведена с целью увеличения стабильности характеристик изделия. Плаستي-

ковый кожух, надетый на переднюю часть вилки, взаимодействует с корпусом розетки и используется только для цветовой кодировки и установки защелки.

ОР типа MU (от Miniature Unit) японской телекоммуникационной корпорации NTT был разработан в 1993 г. Изделие по своей конструктивной схеме может рассматриваться как малогабаритный вариант разъема SC, что подчеркивается в некоторых публикациях обозначением «mini-SC». В настоящее время соединитель нормирован японским национальным стандартом JIS C-5983 и международным стандартом IEC 61754-6. Аналогично своему предшественнику ОР содержит корпус с внутренней защелкой (коммутация по схеме push-pull), а за счет меньшего диаметра наконечника из циркониевой керамики и миниатюризации остальных элементов конструкции обладает примерно вдвое меньшими габаритами [34]. Керамический наконечник вилки имеет длину 6,5 мм и унифицирован по этому параметру с разъемом LC.

Разъем MU поступает в продажу, как в одиночном, так и в дуплексном исполнениях. Дуплексный вариант этого изделия известен в двух разновидностях. Так называемый вариант H-type имеет вилку, расстояние между центрами наконечников которой составляет 4,5 мм. Второй вариант, обозначаемый как F-type, имеет величину данного параметра в 7,5 мм. Для их обозначения иногда используется название вертикальный и горизонтальный варианты, соответственно. Изделие пользуется большой популярностью в Японии.

ОР типа LX.5 разработан американской корпорацией ADC Telecommunications в 1998 г. [35] и применяется в оптической подсистеме СКС Ente-raprise этого производителя. Изделие является фактическим развитием концепции LC и выпускается в многомодовом, одномодовом и APC-вариантах. Фиксация вилки в розетке осуществляется защелкой рычажного типа, передняя часть центрирующего наконечника во внерабочем состоянии закрыта сдвижной пластмассовой крышкой, которая является интегральной составной частью конструкции вилки. Розетка в дуплексном варианте по посадочным местам полностью соответствует розетке разъема SC.

Фирмой Huber+Suhner разработан модернизированный вариант ОР типа LX.5. От прототипа он отличается применением металлической защитной крышки вместо пластмассовой. Это позволяет использовать соединитель в составе трактов для передачи мощного длинноволнового оптического излучения. Кроме того, измененная конструкция задней части корпуса дает возможность надеть на него кодирующую пластмассовую обойму 12 различных цветов.

Вилки ОР типов LC, LX.5 и MU имеют практически идентичное конструктивное исполнение передней части корпуса и механизма фиксации в розетке. Данная особенность позволила разработчикам компании ADC-

Krone создать так называемую универсальную розетку (SFF Universal Adapter), в которую, без применения дополнительных адаптеров, можно подключать вилки разъемов перечисленных выше типов (см. рис. 38). Конструкция устройства позволяет использовать его в качестве переходной розетки (см. п. 8.1).

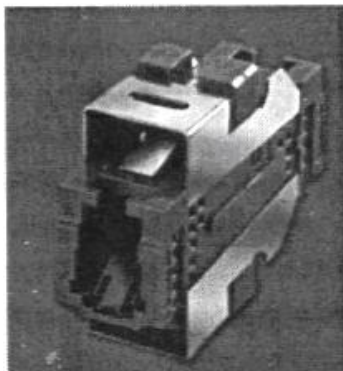


Рис. 38. Универсальная розетка для подключения вилок LC, LX.5 и MU

ОР типа F-3000 (см. рис. 39) представляет собой модификацию описанного далее разъема типа E-2000. Он сохраняет основные конструктивные особенности прототипа и существенно отличается от него только диаметром центрирующего наконечника. Наконечник может изготавливаться по моноблочной схеме из керамики или быть выполненным в традиционном для разработчика композитном варианте (мельхиор плюс внешняя керамическая гильза). В случае использования в составе систем связи с мощными лазерными излучателями, предпочтителен вариант розетки с металлической крышкой вместо пластмассовой. Последнее нововведение гарантирует надежную защиту органов зрения обслуживающего персонала. Разработчики соединителя применили в процессе создания F-3000 конструктивные решения, позволяющие свободно вставлять его вилку в розетку ОР типа LC. В соответствии с обычной для европейского рынка практикой соединитель выпускается в двух разновидностях: Standard и Low IL. Исполнение Low IL отличается от Standard уменьшенными потерями и улучшенным значением коэффициента обратного отражения. Некоторые технические характеристики одномодового и многомодового вариантов рассматриваемых типов ОР приведены в табл. 8.



Рис. 39. Вилка разъема F-3000

7.2 Малогабаритные разъемы с наконечниками диаметром 2,5 мм

Подход второго типа основан на сохранении в конструкции SFF-разъема основного элемента, применяемых ранее изделий - хорошо отработанного в производстве наконечника диаметром 2,5 мм со сферической торцевой поверхностью. Улучшение массогабаритных показателей обеспечивается за счет более плотной компоновки и возможной миниатюризации отдельных элементов корпуса. Наиболее известными разработками в этой области являются ОР типов E-2000, SC-RJ и FJ.

ОР типа E-2000 (от Европа, 2000 г.) был спроектирован швейцарской компанией Diamond S.A в 1993 г. и в настоящее время нормирован международным стандартом IEC 61754-15, а также европейскими стандартами EN 86 275-801 и EN 86 275-802 [36] как Fiber Optic Connector Interface - Тип LSH connector family (Lichtwellenleiter Steckerverbinder - волоконно-оптический штекерный соединитель). Изделие этого типа получило очень широкое распространение в таких европейских странах, как Швейцария, Чехия, Германия и т. д. Соединитель известен в двух основных вариантах, полностью соответствующих друг другу по посадочным местам. Согласно первому из них, продвигаемому его разработчиком, наконечник выполнен по композитной трехкомпонентной схеме в виде мельхиорового цилиндра с серебряным покрытием, на который в натяг надета центрирующая керамическая гильза. Применение данной конструкции дает возможность реализации процедуры активной и пассивной юстировки (см. п. 5.7). В разъеме E-2000, который производится швейцарскими фирмами Huber+Suhner и Reichle & De-Massari по лицензии разработчика, наконечник изготовлен из керамики по классической моноблочной схеме. Переход на такое решение, наряду с некоторым упрощением процедуры сборки разъема, обосновывается разработчиками стремлением к устранению механических напряжений ОВ, характерных для схемы активной юстировки. Фиксация вилки в розетке осуществляется прямой внешней защелкой рычажного типа. Вилка и розетка соединителя снабжены защитными крышками. Крышки открываются автоматически при установке в розетку и имеют скошенную внутреннюю поверхность для увеличения эффективности подавления излучения обратного отражения [37].

ОР типа E-2000 (см. рис. 40) может эксплуатироваться как в одиночном (simplex), так и в дуплексном исполнениях. Дуплексный разъем известен в следующих вариантах: обычном (duplex, расстояние между осями наконечников - 12,7 мм), компактном (compact RJ duplex, расстояние между осями - 7,4 мм) и вертикальном (low profile duplex, вилки друг над другом с расстоянием между осями также 7,4 мм, но с разворотом на 180°). Для получения дуплексной вилки из одиночных используется фиксирующая оп-

равка в форме защелки. Дуплексная розетка совместима по своим посадочным местам со стандартной розеткой электрического модульного разъема только для компактного варианта.

От более ранних конструкций E-2000 отличается хорошо продуманной многоуровневой схемой защиты от неправильного подключения и ошибочного отключения. Первый уровень образует цветовая кодировка, для реализации которой используется окраска съемных элементов (рычага вилки и рамки розетки) в 12 различных цветов. Блокировка неправильного подключения обеспечивается в случае установки на розетке кодирующей рамки, которая дает возможность включения вилки только в том случае, если цвета рычага и рамки совпадают. Защита от ошибочного отключения реализуется за счет того, что конструкция разъема дает возможность удалить рычаг защелки вилки после ее включения в розетку. Тем самым случайный разрыв тракта передачи оптического сигнала становится невозможным.

ОР типа SC-RJ (до 2001 г. продвигался под торговой маркой SC-Compact) швейцарской компании Reichle & De-Massari (см. рис. 41) представляет собой удачный пример модернизации хорошо отработанной в серийном производстве конструкции с целью получения новых свойств.



Рис. 40. Разъем E-2000 в варианте compact duplex



Рис. 41. Вилка разъема SC-RJ

Прототипом изделия является хорошо известный SC, однако, за счет устранения внешних элементов крепления и применения новой фиксирующей оправки, разработчики сумели уменьшить расстояние между осями наконечников с обычных 12,7 мм до 7,5 мм и вписать тем самым розетку в посадочные места розетки модульного разъема. В случае необходимости в розетку SC-RJ можно включать одиночные вилки SC. Изделие поставляется в многомодовом и одномодовом исполнениях. В 2004 г. конструкция фиксирующей оправки была изменена с целью предоставления

пользователю возможности установки под защелку сменной цветной маркирующей накладки.

Отметим также, что так называемый вертикальный вариант дуплексной вилки SC-разъема японской компании Honda Tsushin Kogyo имеет расстояние между осями наконечников 8,5 мм. Розетка этой вилки близка по форм-фактору к розетке модульного разъема, однако не взаимозаменяема с ней по посадочным местам. Еще одним представителем оптических соединителей, в которых использована аналогичная идея, является изделие High Density SC Connector компании 3М. Этот ОР отличается от разъема стандартной плотности тем, что имеет габаритные размеры корпуса вилки, уменьшенные в поперечном сечении до 6,0 x 7,2 мм против 7,4 x 9,0 мм у прототипа, то есть в конструкции изделия не заложено свойство обратной совместимости. Наибольшее преимущество данная разработка обеспечивает в случае использования для соединения счетверенной розетки. При таком варианте исполнения расстояние между центрами розеток составляет примерно 7 мм, то есть данный разъем обеспечивает плотность портов, примерно равную плотности портов электрических аналогов.

Компанией Panduit в декабре 1996 г. был предложен ОР типа FJ (fiber jack) или Opti-Jack (см. рис. 42), предназначенный для применения в СКС PAN-NET и ориентированный на реализацию проектов FTTD [38]. Этот компонент является исторически первым дуплексным разъемным оптическим соединителем массового применения, форм-фактор которого полностью соответствовал форм-фактору электрических модульных разъемов. В настоящее время ОР нормирован американским стандартом TIA/EIA-604-6. Основой разъема является керамический наконечник диаметром 2,5 мм, унифицированный с наконечником разъема ST, однако за счет более плотной компоновки и, в частности, уменьшения расстояния между осями наконечников до 6,35 мм (0,25 дюйма), габариты розетки уменьшены до размеров гнезда электрического модульного разъема. Фиксация вилки в розетке выполняется прямой защелкой рычажного типа. Для улучшения условий эксплуатации рычаг защелки закрыт куполообразной крышкой хвостовика.



Рис. 42. Оптический разъем типа Opti-Jack компании Panduit: а) традиционная конструкция; б) вариант вилки с кодирующим ключом

ОР типа FJ отличается от других конструкций применением редко встречающейся на практике несимметричной схемы построения, то есть

его розетка не является отдельным конструктивным элементом, а всегда объединяется с одной из вилок. Только в 1998 г. в перечень штатного оборудования была включена классическая розетка [39], однако она предназначена для использования исключительно в измерительных целях. Проблема очистки торцевых поверхностей наконечников от загрязнений в процессе эксплуатации решается за счет использования разборной конструкции розетки, отдельные детали которой крепятся друг к другу на защелках.

ОР типа FJ первоначально выпускался только в многомодовом варианте с корпусом бежевого цвета. В 1998 г. появился его одномодовый вариант, корпус которого в соответствии с требованиями стандартов изготовлен из пластмассы голубого цвета.

В 2003 г. в коммерческую продажу поступил вариант разъема FJ в ключевом исполнении. В изделии данной разновидности обеспечена блокировка некорректного подключения. Данное свойство достигнуто за счет применения в вилках и розетках соответствующих адаптеров, которые обеспечивают подключение этих элементов только в определенной комбинации. С точки зрения пользователя это выражается в том, что к розетке может быть подключена только вилка одного с ней цвета. Всего доступны четыре варианта разъема с корпусами черного (W), красного (X), оранжевого (Y) и желтого (Z) цветов.

Таблица 9. Некоторые типы перспективных оптических разъемов, поддерживаемых различными производителями СКС

Фирма	Тип СКС	LC	E-2000	MT-RJ	MTP	LX.5
ADC Telecommunication, США	Enteraprise		*			*
AMP, США (Solarum)	NetConnect			*		
Avaya, США	SYSTIMAX	*				
Brand-Rex, Великобритания	Millenium (MFOS)	(MFOS)	(MFOS)			

BTR Telecom, Германия	Opdat		*			
Corning, США	Corning Systems			*		
IBM, США	ACS		*	*		
Krone, Германия	PremiseNET	*	*	*		*
Molex, США	Molex Networks			*	*	
Ortronics, США	GigaMo	*		*	*	
Panduit, США	PanNet	*				
Reichle+De-Massari, Швейцария	Freenet		*	*		
RiT Technologies, Израиль	Smart			*		
Siemon, США	Siemon System	*		*		
Telegartner, Германия	TICNET	*	*	*		

7.3 Разъемы группового типа

Подход третьего типа представлен достаточно многочисленной группой разработок многоканальных, матричных или групповых ОР [40]. Достаточно часто эти компоненты выполняются как уменьшенный или упрощенный вариант «большого» группового разъема, разработанного для поддержки функционирования телекоммуникационной аппаратуры сетей связи общего пользования. Общей отличительной чертой, объединяющей все рассматриваемые далее конструкции, является использование в них принципа линейной установки в розетку (принцип push-pull) без использования резьбовых или байонетных фиксаторов.

ОР типов SC-DC и SC-QC предназначены преимущественно для использования в системах массовой памяти [41] и, после своего создания, продвигались консорциумом, в который входили компании Siecor, Siemens и IBM. Эти продукты отличаются тем, что в них с целью сокращения времени разработки и частичной унификации с уже существующими изделиями использован внешний корпус вилки традиционного симплексного разъема SC. Новым является применение центрирующего элемента из дуроплекса, очень похожего на обычный круглый керамический наконечник для одиночного волокна и имеющего два (SC-DC) или четыре (SC-QC) расположенных в ряд канала для фиксации в них сращиваемых световодов. Для блокировки ошибочного подключения вилки SC-DC к розетке SC внешний

направляющий ключевой выступ на ее корпусе выполнен с боковым смещением от продольной оси (см. рис. 44). Принцип частичной унификации задействован также в ОР типов Mini-MT разработки компании Siecor и MT-RJ консорциума фирм AMP, Hewlett-Packard, Siecor, USConec и Fujikura (ведущую роль в консорциуме играли две первые компании из приведенного списка). В изделии MT-RJ (см. рис. 43(а)), которое описано в стандарте EIA/TIA-604-12 (FOCIS-12) и активно продвигается на рынке с начала 1999 г. [42], использован центрирующий элемент от разъема MT с близкой к прямоугольной в сечении формой. Изделие MT разработано в середине 80-х гг. прошлого века японской корпорацией NTT [43] для оконцевания 12-ти волоконных ленточных кабелей. В отличие от прототипа, наконечник MT-RJ рассчитан на оконцевание только двух ОВ, для чего в нем предусмотрены соответствующие направляющие каналы с расстоянием между осями 0,75 мм. Основное отличие между этими вариантами разъемов состоит в том, что MT-RJ изначально разрабатывался с возможностью монтажа его розетки в установочное гнездо модульного разъема для кабелей из витых пар [44]. С учетом этого требования элемент фиксации вилки в розетке выполнен в виде привычной для пользователей СКС и аналогичной вилке электрического модульного разъема защелки рычажного типа, реализованной по обратной схеме.

В 2003 г. компания Tyco Electronics ввела в состав оптической СКС Solarum ОР типа MT-RJ в исполнении MT-RJ Secure, в котором предусмотрен принцип механической блокировки некорректного подключения [45]. Всего для практического использования доступны четыре варианта соединителей с различными комбинациями ключевых выступов и пазов, которые визуально отличаются цветом окраски корпуса (красный, желтый, светло-зеленый и синий), см. рис. 43(б). В 2005 г. аналогичные изделия, совместимые с указанной выше продукцией, начала применять в составе СКС типа LANscape компания Corning.

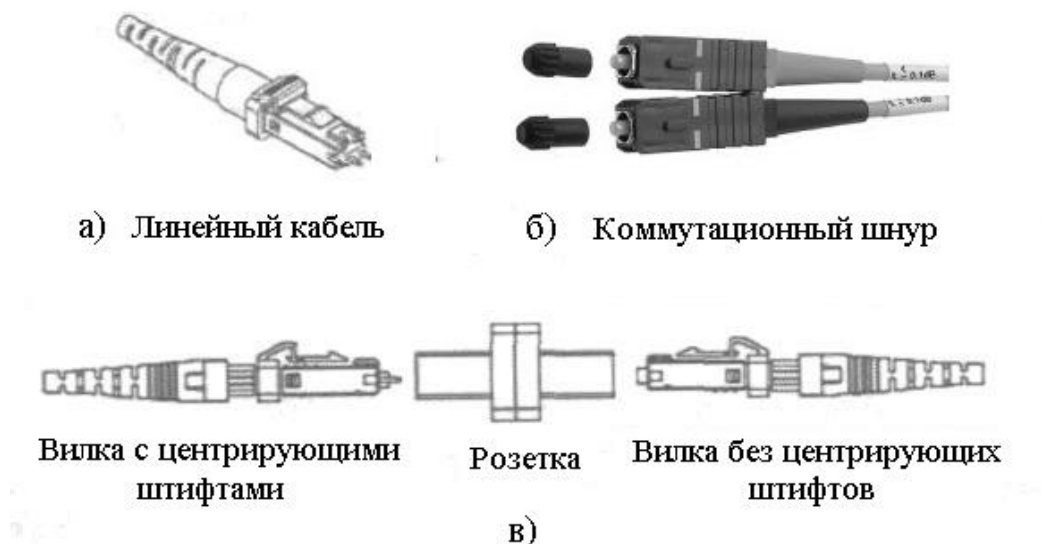


Рис. 43. Разъем MT-RJ: а) вилка в обычном исполнении с центрирующими штифтами (вилка MT-RJ male); б) вилка в ключевом исполнении; в) области применения вилок с центрирующими штифтами и без штифтов

В отличие от подавляющего большинства других типов оптических соединителей конструкция ОР типа MT-RJ позволяет его реализацию по симметричной и несимметричной схемам. В случае симметричной схемы вилка с наконечником, имеющие центрирующие штифты (пины) с номинальным диаметром 0,7 мм, называется MT-RJ male, а без штифтов - MT-RJ female [46]. При использовании несимметричной схемы исполнения, центрирующие штифты являются элементами розеточной части разъема, (см. рис. 42(в)). Отметим, что первоначально разъем MT-RJ разрабатывался для применения исключительно в многомодовых сетях. Это было обусловлено тем, что согласно спецификации разработчика допуск на точность установки центрирующих штифтов был принят в пределах ± 3 мкм, что не позволяло получить приемлемые потери при работе с одномодовыми световодами [47].

ОР типа Mini-MT использует наконечник, аналогичный разъему MT-RJ, и отличается от него тем, что фиксация наконечников в рабочем положении выполняется внешней пластинчатой обоймой. Его применение удобно в тех случаях, когда от соединителя требуются хорошие массогабаритные показатели, а количество циклов подключения-отключения сведено к минимуму.

ОР типа MTP имеет точно такой же наконечник и отличается от изделий MT и MT-RJ фиксатором вилки в розетке, который реализован по сдвижной схеме [48]. Аналогично MT-RJ, вилка MTP может иметь направляющие штифты и предназначена для применения внутри корпуса коммутационного устройства. Вилка MTP без штифтов устанавливается на кабель.

Емкость перспективных типов многоволоконных ОР, потенциально пригодных по комплексу своих характеристик для использования в СКС, при однорядном расположении ОВ может достигать 18 (изделие Mini-MPO, разработанное компанией Berg Electronics) или даже 24 волокон одновременно (ОР типа MPO1). В 2003 г. компания AMP выпустила на рынок вариант разъема типа MPO, который за счет перехода на многоуровневую схему расположения световодов позволяет выполнить одновременное соединение 72 волокон (см. рис. 44). Изделие было изначально ориентировано на оконцевание многоволоконных ОК модульно-кассетных решений.

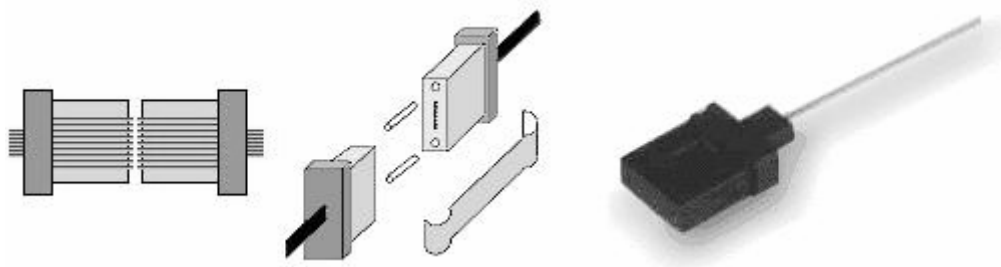


Рис. 44. Вилка 72-волоконного варианта оптического типа MTP

Отметим, что из-за сложностей обеспечения высококачественной обработки торцевых поверхностей в процессе полевой установки групповых ОР клеевая технология не применяется.

7.4 Конструкции без центрирующего наконечника

Центрирующий наконечник вилки ОР имеет достаточно большие габариты (особенно при диаметре 2,5 мм), а процесс армирования им ОВ представляет собой довольно сложную и продолжительную процедуру, требующую от монтажника высокой квалификации. Кроме того, этот элемент является одним из самых дорогих компонентов разъема, доля стоимости которого в цене готового изделия достигает 40% [49]. Стремление к устранению отмеченных недостатков привело к появлению двух серийных конструкций, в которых наконечники отсутствуют, а процесс центрирования волокон в процессе их соединения выполняется другими средствами.

Общими отличительными признаками ОР рассматриваемой группы являются:

- ОВ, выступающее на несколько миллиметров из держателя вилки, торец которого сколот и подготовлен к сращиванию в процессе монтажа на специальном технологическом приспособлении;
- обязательное наличие в конструкции вилки подпружиненной крышки, которая закрывает ОВ в нерабочем состоянии;
- возможность установки вилки или розетки только с помощью комплекта фирменной технологической оснастки.

ОР типа Optoclip II швейцарской компании Huber+Suhner был сконструирован в самом начале 90-х гг. прошлого века, реализован по симметричной схеме. В его конструкции применена одиночная вилка (см. рис. 45). Предварительное выравнивание ОВ при их соединении производится с помощью конусообразной направляющей и трех шариков, которые расположены в одной перпендикулярной оси световода плоскости и сдвинуты относительно друг друга на 120° . Механизм прецизионного выравнивания построен на основе двух рубиновых стержней, в зазор между которыми с помощью подвижного в вертикальном направлении шарика помещаются концы сращиваемых ОВ.



Рис. 45. Разъем типа Optoclip II: а) общий вид вилки и розетки; б) схема построения механизма выравнивания световодов

Розетка этого ОР с целью обеспечения унификации выполнена разработчиком полностью совпадающей по посадочным местам с розеткой SC и отличается от нее только несколько увеличенной длиной, которая составляет 35 мм.

ОР типа VF-45 (иногда может употребляться название VG-45 или SG, что определяется терминологией, принятой техническим комитетом ACS-X3T11 ассоциации Fibre Channel) был разработан американской компанией 3М в 1997 г. специально для применения в области ЛВС, выпущен в коммерческую продажу годом позже и в настоящее время нормирован международным стандартом IEC 61754-19. Его конструкция реализована на основе центриатора в форме V-образной канавки и рассчитана на армирование одной вилкой одновременно двух ОВ ленточного ОК. Для обеспечения возможности четкого ввода световодов в направляющие канавки с расстоянием между ними в 4,5 мм и обеспечения физического контакта торцевых поверхностей сращиваемых волокон при установленной вилке, фиксатор концевого участка ОВ в розетке выполнен с разворотом под углом 45° к его продольной оси, что дополнительно несколько уменьшает общую длину изделия.

Изделие отличается хорошо продуманным дизайном в сочетании с предельной простотой конструкции для минимизации стоимости и содер-

жит всего четыре детали. В качестве интересной технической особенности этого ОР отметим тот факт, что защитная крышка вилки при ее установке в розетку в отличие от подавляющего большинства других конструкций сдвигается вбок, а не поднимается вверх.

В разъеме VF-45 очень оригинально решается проблема очистки торцевой поверхности сращиваемых ОВ, которая является достаточно нетривиальной задачей для любого изделия без центрирующего наконечника из-за низкой механической прочности оголенного волокна. Для этого предназначено промывочное устройство, которое удаляет загрязнения с концевых участков световодов за счет прокачки через розетку большого количества очищающей жидкости.

Оба рассмотренных выше ОР первоначально не позволяли в процессе сращивания обеспечить точность выравнивания, необходимую для одномодовых ОВ, и, поэтому, в момент выпуска на рынок, предлагались только в многомодовом варианте. Одномодовые разновидности появились в самом конце 90-х гг. прошлого века. Для получения необходимого уровня обратного отражения торцевая поверхность ОВ скашивается под углом 9° при обработке в скашивателе в процессе монтажа разъема.

Отметим также, что в этих изделиях по-разному решается проблема цветовой кодировки. В решении Optoclip II использовано обычное исполнение корпуса из пластика разных цветов. Фирма Molex выпускает соединитель этого типа с корпусом белого цвета, в соответствующее гнездо которого вставляется цветная маркирующая иконка. В отличие от этого, в VF-45 многомодовое и одномодовое исполнения кодируются применением только защитной дверцы стандартных цветов с дополнительными надписями MM и SM на ней.

Вопросы

1. Каким образом улучшить массогабаритные параметры ОР?
2. Чем предпочтительнее вариант розетки ОР с металлической крышкой?
3. Чем отличается соединитель Low IL от Standard?
4. В чем основные достоинства соединителя E-2000?
5. Как решена проблема очистки торцевых поверхностей наконечников от загрязнений в ОР типа FJ?
6. В чем отличия реализации ОР по симметричной и несимметричной схемам?
7. Как построен механизм выравнивания ОБ в ОР типа Optoclip II?
8. Какие технические решения использованы в разъемах типа VF-45?
9. Каким образом решена проблема очистки торцевой поверхности ОБ в VF-45?
10. Каким образом удалось использовать ОР типа VF-45 и для одномодового ОБ?

ГЛАВА 8

ЭЛЕМЕНТЫ РАЗЪЕМОВ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Кроме ОР общего применения, основным назначением которых применительно к кабельной системе является соединение линейных ОК с оконечными и коммутационными шнурами, в технике СКС находят применение элементы разъемов специального назначения. Данные изделия представляют собой вилку или розетку обычного ОР со стандартизованными посадочными местами, элементами крепления и другими компонентами, в которых выполнены некоторые доработки для получения новых свойств, что позволяет эффективно решать задачи определенного типа [50].

Основная масса элементов разъемов специального назначения на практике реализует функции адаптера. Достаточно хорошо известны адаптеры, предназначенные для работы совместно с той частью СКС, которая реализована на базе кабелей из витых пар. К этим изделиям относятся различного рода разветвители (Y-адаптеры), балуны (согласующие трансформаторы), гармоник и т. д. На уровне медножильной и оптической подсистем структурированной проводки эти компоненты имеют очень схожее назначение и практически эквивалентные функциональные возможности с поправкой на принципиально различные типы сред передачи (см. табл. 10).

Адаптер волоконно-оптической подсистемы СКС представляет собой пассивный оптический или оптико-механический компонент, который включается непосредственно в тракт передачи информационного сигнала (см. рис. 46). В независимости от формы своего конструктивного исполнения этот элемент выполняет одну или одновременно несколько функций из следующего перечня:

- создает условия для подключения друг к другу отдельных компонентов ОР различных типов (решение проблемы механической несовместимости);
- обеспечивает подключение по временной схеме к активным и пассивным оптическим устройствам самого разнообразного назначения неоконцованных световодов ОК;
- дает возможность осуществить проверку линейного оптического тракта по шлейфу или активного оборудования и тестирующих приборов методом подключения «на себя»;
- подавляет обратные отражения и излучение в открытое пространство;
- вносит в тракт передачи сигнала заранее заданное затухание.

Задачи, возложенные на оптический адаптер, могут быть решены шнуровыми или корпусными устройствами, которые специальным образом подготовлены для этой цели. Потребительские качества обоих вариантов адаптеров одинакового функционального назначения совпадают или же оказываются достаточно близкими. Выбор определенного решения

Таблица 10. Разновидности оптических адаптеров шнурового и корпусного типов и их электрические аналоги

Выполняемая функция	Адаптер корпусного типа	Адаптер шнурового типа	Электрический адаптер
Соединение элементов разъемов различных типов	Переходная розетка FM - адаптер	Комбинированный (переходной) шнур	Комбинированный шнур
Разветвление линейных кабелей	—	Монтажные шнуры типа fan-out	Шнур типа «гидра»
Подключение неоконцованных световодов/проводников	Адаптер на обнаженное волокно	Устройство оперативного подключения	—
Внесение заранее заданного или регулируемого затухания	Аттенюатор - вилка аттенюатор - розетка	Шнуры - аттенюаторы	—
Проверка по шлейфу или методом «на себя»	Вилка - перемычка сборка - перемычка	Короткозамыкающий шнур	Короткозамыкающий шнур
Подавление излучения и/или отражения	Терминаторы	—	Терминаторы ISDN
Подавление явления дифференциальной модовой задержки	MCP-адаптер	MCP-шнур	—

выполняется в каждом конкретном случае индивидуально с учетом всей совокупности факторов (решаемая задача, доступность определенной элементной базы, предпочтение персонала и т. д.).

Адаптеры корпусного типа выгодно отличаются от шнуровых изделий в первую очередь существенно лучшими массогабаритными показателями и большим удобством работы за счет отсутствия длинного кабеля.

Перечень отдельных элементов, последовательное соединение которых образует стационарную линию СКС, однозначно задается стандартами. Адаптер корпусного типа не входит в этот список. В силу этого он

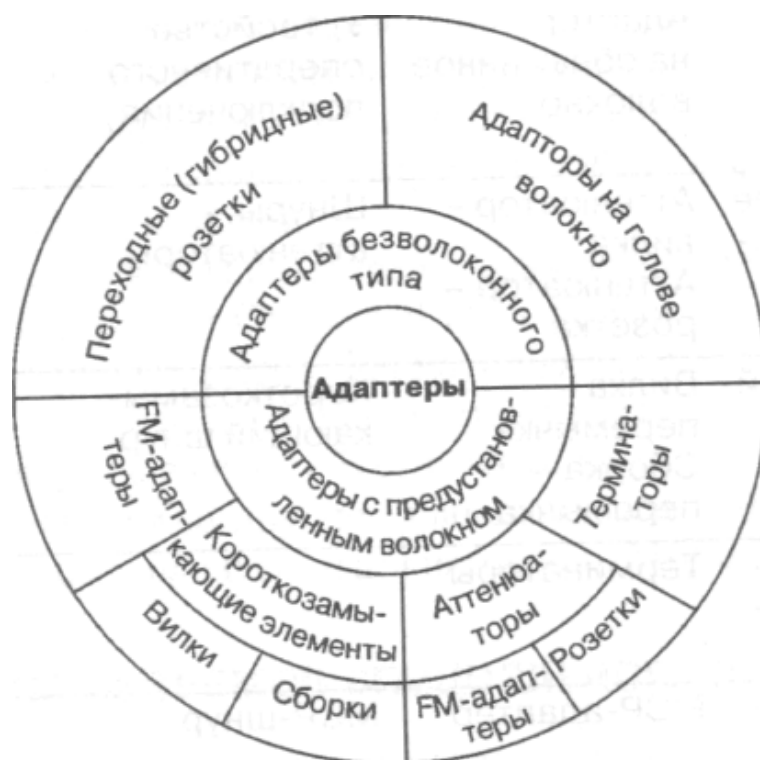


Рис. 46. Волоконно-оптические адаптеры корпусного типа

должен альтернативно подключаться к розеточной части ОР с «внешней» стороны разъемного соединителя или же частично включаться в состав стационарной линии, но дополнительно брать на себя функции розетки стандартного разъема СКС.

С учетом данного обстоятельства наиболее целесообразной формой исполнения адаптера является его реализация в виде штыревой или розеточной части обычного ОР с нормированными посадочными местами, элементами крепления и другими стандартизованными на уровне различных нормативных документов деталями, отвечающими за обеспечение подключения к другим компонентам. Все доработки, требуемые для получения новых свойств, выполняются внутри корпуса адаптера или же в его внешней части таким образом, чтобы не затрагивать компоненты, отвечающие за механическую совместимость.

Полную совокупность известных в технике волоконно-оптической связи адаптеров корпусного типа можно разбить на две большие группы. К первой из них относятся устройства, полезные свойства которых достигнуты исключительно модернизацией или специальным исполнением внешнего дизайна. Вторая конструктивно и технологически более сложная группа приборов этого класса в обязательном порядке содержит отрезок обычного или специально подготовленного ОВ с обработанными в производственных условиях торцевыми поверхностями, для удобства работы и достижения необходимой долговечности заклеенного в керамический центрирующий наконечник. Наличие этого компонента позволяет существенно расширить функциональные возможности готового изделия.

8.1 Переходные розетки

Переходная розетка в отличие от остальных, рассмотренных далее адаптеров, интересна тем, что не имеет прямого серийного аналога в подсистеме на базе кабелей из витых пар. Это обусловлено тем, что оптическая подсистема СКС отличается от подсистемы на основе кабелей из витых пар существенно большим разнообразием применяемых типов разъемов. Исходя из этой особенности, на практике часто возникает задача согласования типов интерфейсов. Переходная розетка (hybrid adaptor) представляет собой простейшую и исторически первую внедренную в широкую инженерную практику разновидность оптических адаптеров корпусного типа и, как непосредственно следует из ее названия, относится к несколько менее многочисленной «розеточной» ветви этих приборов. Это устройство обеспечивает соединение друг с другом вилок различных типов, главным образом симметричных ОР.

Конструктивно, рассматриваемый компонент представляет собой проходную розетку с обычной центрирующей гильзой, с разных сторон корпуса которой сформированы розеточные части ОР двух различных типов (см. рис. 47). Не исключен, хотя и встречается на практике существенно реже, более сложный в реализации вариант обеспечения перехода между вилками разъемов, имеющими разный диаметр центрирующего наконечника, например, MU и SC. В этой ситуации разработчик использует механизм юстировки на основе двух центрирующих гильз и комбинированную втулку с различными диаметрами концов, армирующую промежуточный технологический отрезок ОВ.

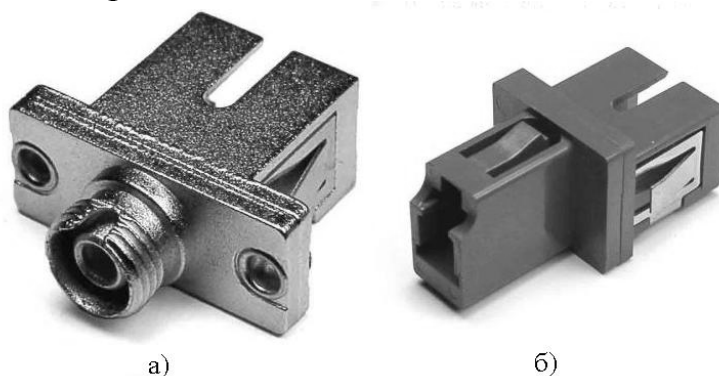


Рис. 47. Переходные розетки: а) для разъемов с наконечниками одинакового диаметра (SC-FC); б) для разъемов с наконечниками различного диаметра (SC-LC)

Вторым вариантом является применение составной центрирующей гильзы, в которой на половине длины предусмотрена вставка под наконечник меньшего диаметра.

С учетом области своего применения переходная розетка является штатным компонентом стационарной линии кабельных трактов СКС. Таким образом, ее конструкция должна обеспечивать выполнение соответствующих требований стандартов, выдвигаемых в отношении обычных ОР по вносимым потерям, долговечности и т. д.

Переходные розетки в классическом варианте своего исполнения предназначены для установки в коммутационные устройства различного назначения. Поэтому их корпус имеет обычные элементы крепления на панели. Применение данной разновидности адаптеров позволяет, например, использовать в процессе создания оптической подсистемы СКС закупленные ранее или более дешевые монтажные шнуры с вилками симплексных ОР неперспективных типов (главным образом, пока еще очень популярные ST) без нарушения положений стандартов в отношении правил построения коммутационного оборудования.

Кроме чисто стационарной эксплуатации в различных муфтах и полках, переходные розетки нередко включаются в состав оптических измерительных приборов на правах штатного или дополнительного компонента. Наличие этого элемента позволяет, в частности, осуществлять измерение параметров шнуров, тип вилок которых отличается от типа оптического интерфейса измерителя. С прицелом именно на такую область применения некоторые изготовители пассивных аксессуаров для волоконно-оптических систем предлагают так называемые универсальные переходные розетки (универсальные адаптеры). Простой вариант этого устройства представляет собой фактически центратор в трубчатом защитном корпусе, который не имеет элементов крепления соединяемых вилок. В более сложной форме универсальный адаптер обеспечивает нормальную установку вилок с их креплением в сочетании с возможностью смены типа интерфейса на одной из сторон в случае возникновения такой необходимости. Конструктивно это реализуется за счет применения комплекта сменных насадок с нормированными крепежными элементами розеток различных типов, которые по мере необходимости навинчиваются или любым иным подходящим способом устанавливаются на основной корпус.

Адаптеры универсального типа могут эксплуатироваться также в обычных коммутационных устройствах. В этом случае на первый план выходит не только легкость смены типа пользовательского оптического интерфейса, но и высокая эффективность очистки рабочих поверхностей центрирующей гильзы без необходимости доступа внутрь корпуса муфты и полки. Фактически это достигнуто за счет обеспечения неполной разборки компонента. При таком подходе, продвигаемом японской компанией Senko, адаптер может иметь гнезда розеток одного типа и носит специальное название переключаемого адаптера (switchable adapter).

На первый взгляд, достаточно парадоксально, но на практике встречается вариант использования в виде переходной розетки классического

симметричного представителя изделий этой разновидности. Для иллюстрации этого положения сошлемся на СКС PANNET компании Panduit, в составе оборудования которой предусмотрена обычная симметричная оптическая розетка, предназначенная исключительно для соединения duplexных вилок несимметричных фирменных ОР типа FJ этого производителя в процессе их тестирования.

8.2 Адаптеры на обнаженное волокно

На этапе строительных или во время ремонтно-восстановительных работ, осуществляемых в линейной части оптических магистралей, достаточно часто возникает необходимость быстрого временного подключения ОВ к интерфейсу активного сетевого, технологического или измерительного оборудования, а также к розетке коммутационного устройства. Типичным примером таких действий является подключение к рефлектометру в процессе обязательного входного контроля волокон ОК внешней прокладки. Данная задача может быть решена самыми разнообразными способами, например, установкой монтажного шнура с помощью сварочного аппарата или механического сплайса, за счет использования так называемых устройств для оперативного подключения и т. д. Одним из наиболее часто применяемых на практике способов временного подключения является использование адаптера на обнаженное или на голое волокно (от bare fiber adapter). Популярность этого технического решения обусловлена хорошо сбалансированным сочетанием таких присущих этому компоненту качеств как быстрота и простота установки, невысокая стоимость и хорошие массогабаритные показатели.

Адаптеры на неоконцованный кабель, аналогично переходным розеткам, не используются в электрических подсистемах СКС. Однако, в отличие от предыдущего случая, причина этого заключается в нецелесообразности осуществления разработки специализированного элемента для выполнения данной операции. Такое положение дел обусловлено простотой установки розетки разъема на витую пару. Необходимость применения специального адаптера возникает только в случае измерения параметров кабеля в процессе его входного контроля, что, согласно стандартам СКС, является обязательной операцией. В результате, такие адаптеры используются крайне редко и только в форме элемента конкретного измерительного прибора (например, измерительная головка кабельного сканера OmnisScanner2 фирмы Fluke). В отличие от этого, в оптической подсистеме, адаптеры для подключения неоконцованных ОВ распространены существенно шире и являются функционально отдельной и независимой от измерителя конструктивной единицей.

Адаптер рассматриваемой разновидности конструктивно представляет собой вилку ОР со стеклянным или керамическим наконечником, в хвосто-

вой части корпуса которой вместо традиционных элементов крепления к ОК предусмотрен временный легко отключаемый технологический фиксатор ОВ, вставленного в наконечник. С учетом основной области применения и назначения адаптера используются фиксаторы преимущественно механического типа, рассчитанные по меньшей мере на несколько тысяч циклов включения-отключения. Наиболее распространенной формой конструктивной реализации подвижной рабочей части фиксатора является его исполнение в виде внутренней пружины-прижима. При необходимости ввода ОВ нажимная поверхность пружины отводится в сторону нажатием на круглую или прямоугольную кнопку, которая располагается на корпусе в его задней части. Известно также решение задачи фиксации за счет применения полностью или частично раскрывающегося по продольной или по поперечной оси корпуса с пружинным держателем, фиксатора винтового типа, а также кулачкового механизма, который переводится в рабочее положение при закручивании гайки (см. рис. 48(а)-(в)). Кроме пружинных фиксаторов, в случае раскрывающихся корпусов, возможно применение работающих на удержание их магнитных аналогов.

Фиксация армируемого световода может производиться за первичное или вторичное буферное покрытие с внешним диаметром в пределах от 0,25 до 0,9 мм. Гарантированное усилие удержания ОВ в рабочем положении в доступных на рынке серийных конструкциях составляет примерно 150...300 г, что не позволяет создавать, например, коммутационные шнуры общего назначения, однако вполне достаточно для данной области применения.

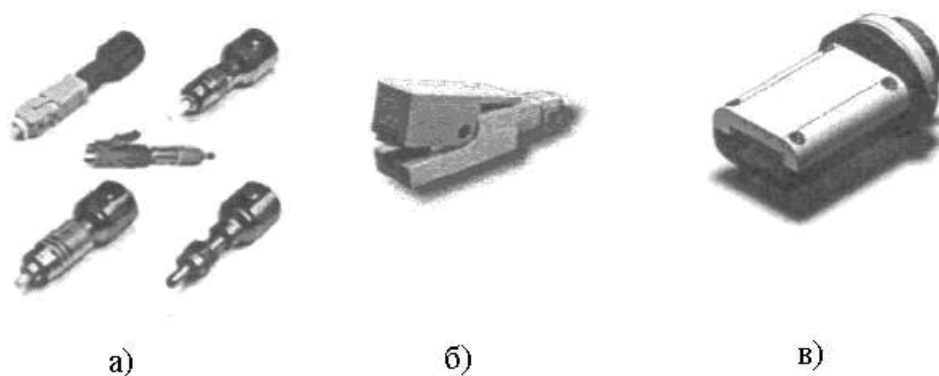


Рис. 48. Адаптеры на обнаженное волокно: а) с кнопочным и кулачковым фиксатором; в) с фиксатором на основе раскрывающегося корпуса; в) с винтовым зажимом; г) для ленточного волокна

Наличие в конструкции механизма, рассчитанного на выполнение многочисленных временных подключений к ОВ, вызывает заметное увеличение габаритов и, особенно, массы изделия по сравнению с обычными вилками ОР. Тем не менее, масса серийных адаптеров общего применения с пластиковым корпусом не превышает 3...5 г. В случае использования для изготовления корпуса алюминиевого сплава или нержавеющей стали, зна-

чение этого параметра возрастает до 10...15 г. Последний вариант, как показывает практика, более предпочтителен, так как обеспечивает требуемую для основной области применения этого устройства повышенную механическую прочность.

Компоненты рассматриваемой разновидности выпускают как в одномодовом, так и в многомодовом исполнениях с вилками симплексных ОР наиболее распространенных типов (SC, ST, FC). Величина потерь в разъеме, собранном с использованием адаптера на обнаженное волокно, естественно оказывается несколько выше по сравнению с разъемами с постоянной фиксацией световода. Здесь сказывается отсутствие полировки, наличие френелевских потерь из-за невозможности гарантированного обеспечения физического контакта по всей площади сердцевины и другие аналогичные факторы. Тем не менее потери, вносимые этим адаптером, достаточно редко превышают 1 дБ в случае одномодовых линий, и 0,5 дБ при работе в составе многомодовых трактов, что является вполне приемлемым для измерительных целей и в процессе организации временных связей.

Рабочий температурный диапазон адаптеров на обнаженное волокно составляет от -40 до $+85$ °С, то есть эти изделия не накладывают ограничений на область использования оптической системы по климатическим параметрам.

Кроме адаптеров с обычной моноблочной конструкцией, на рынке в ограниченном количестве предлагаются так называемые модульные адаптеры.

Конструктивно такой элемент состоит из двух отдельных частей: корпуса-фиксатора с установочным гнездом и сменной головки с вилкой симплексного ОР. Фиксация головки в установочном гнезде осуществляется винтовым зажимом. Примером такого решения может служить набор Bullet американской компании Fiber Plus International, в комплект поставки которого входят вилки одномодовых ОР типа SC, FC и ST с соответствующими крепежными хвостовиками.

Процесс временной установки вилки ОР, выполняемый с помощью адаптера на обнаженное ОВ, включает в себя три основные операции. На первом этапе концевой участок световода полностью очищают от защитных покрытий и оболочек, а затем на определенной длине обрабатывают скалывателем для получения перпендикулярного торца. Следующим шагом является ввод ОВ в адаптер таким образом, чтобы его конец выступал за плоскость торцевой поверхности наконечника примерно на 0,1 мм. Данное требование выдвигается из соображений гарантированного достижения физического контакта в формируемом разъеме. Заключительной операцией является перевод зажима в рабочее положение. Опыт работы показывает, что установка адаптера может быть выполнена за 15...20 с монтажником с подготовкой даже начального уровня.

В качестве прототипа адаптера на обнаженное волокно может быть использована вилка симплексного разъема практически любого типа. Тем не менее, в качестве основы этого прибора наиболее предпочтительно использование тех конструкций вилок ОР, которые имеют сильно выступающий из держателя наконечник (ST, DIN и аналогичных им). Такой адаптер обладает многими признаками универсального устройства, так как, в случае необходимости, может быть легко подключен к розеткам разъемов других типов (FC, SC и т. д.). Единственным существенным ограничением является требование совпадения диаметров центрирующих наконечников.

В настоящее время адаптеры на обнаженное волокно предлагаются теми компаниями, которые специализируются на изготовлении и поставке волоконно-оптических аксессуаров различного назначения. Достаточно часто эти компоненты являются штатной каталожной продукцией также производителей измерительных приборов (NetTest, EXFO, Fluke и т.д.).

В связи с широким распространением ленточных ОК на рынке, начинают появляться первые образцы адаптеров на обнаженное ленточное волокно. Конструктивно они повторяют свой одноволоконный аналог и отличаются от него применением наконечника группового ОР и исполнением фиксатора, учитывающего специфические требования области применения. Примером такой продукции является изделие типа RFC1 канадской компании Sys Concept (см. рис. 48(г)).

8.3 FM-адаптер

FM-адаптер (от female-male, иногда используется «обратное» сокращение MF-адаптер) корпусного типа представляет собой моноблочное устройство, обеспечивающее подключение вилки ОР одного типа к розетке разъема другого типа. Основой конструкции прибора является вилка ОР, имеющая наконечник с предустановленным в него в производственных условиях ОВ. Задняя часть корпуса устройства выполнена в виде розеточной части разъема и содержит соответствующие стандартизованные элементы центрирования, крепления и т. д., то есть механически этот элемент реализует схему «тяги-толкай». Адаптеры данной разновидности имеют два основных варианта конструктивного исполнения, которые классифицируются как переходные и проходные.

FM-адаптер переходного типа представляет собой функциональный аналог переходной розетки, а его применение дает возможность подключения коммутационного шнура с вилками разъема одного типа к коммутационному устройству с розетками другого типа. С учетом данного свойства, рассматриваемый элемент в некоторых зарубежных публикациях называют адаптером-конвертером (converter-type adapter). Фактически данный компонент выполнен в виде комбинации гнездовой и штыревой частей

разъемов с различным дизайном. В отличие от розетки, FM-адаптер является классическим адаптером в смысле стандартов СКС; организационно он не входит в состав оборудования стационарной линии и всегда располагается с пользовательской стороны панели коммутационного устройства (см. рис. 49(б)).

Переходные FM-адаптеры используются для смены типа оптического интерфейса в тех ситуациях, когда применение переходных шнуров невозможно или нецелесообразно по различным причинам.

Конструктивная схема FM-адаптера делает его достаточно перспективным прибором и для применения в процессе проведения измерений на уже смонтированных оптических линиях и трактах. В этой ситуации наиболее часто используют проходные FM-адаптеры, которые содержат вилку и розетку одного типа (см. рис. 49(а)). В процессе работы устройство включается не в розетку панели СКС, а в гнездо оптического интерфейса измерительного прибора, то есть формирует тип оптического интерфейса не стационарной линии, а тракта целиком. В данном случае используется тот факт, что введение этого компонента в тракт передачи сигнала позволяет эффективно защитить оптический интерфейс измерительного оборудования от неизбежных механических повреждений, возникающих в процессе многочисленных подключений.

Еще одним критерием классификации одномодовых FM-адаптеров является вид исполнения торцевой части наконечника. Обычно предлагается два исполнения таких приборов: со сферической обработкой в варианте UPC и с APC-полировкой.

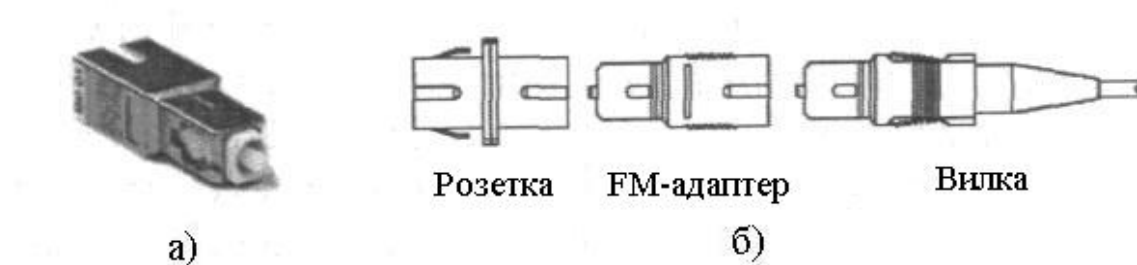


Рис. 49. FM-адаптер: а) конструктивное исполнение; б) правила использования

8.4 Аттенюаторы

При организации каналов связи между ИВС предприятия и внешними ресурсами с помощью сети связи общего пользования некоторые кабельные тракты СКС логически выполняют функции оконечных участков со-

единительных линий этой сети. На таких линиях эксплуатируется одномодовое сетевое оборудование, рассчитанное для работы на больших расстояниях и имеющее высокую чувствительность фотоприемника. При характерной для данной области применения небольших длинах кабельных трактов, это может привести к перегрузке входных каскадов фотоприемника и нарушению работы сетевого интерфейса. В данной ситуации для создания нормальных условий функционирования аппаратуры применяют оптические аттенюаторы. Это элементы, искусственно вносящие в тракт передачи заранее заданные дополнительные потери и уменьшающие уровень мощности оптического сигнала до значения, которое не выходит за пределы динамического диапазона приемника.

Еще одной областью использования аттенюаторов, где наряду с одномодовыми устройствами столь же широко применяются их многомодовые аналоги, являются различного рода сервисные проверки, в том числе измерительных приборов, моделирование реального тракта передачи сигналов в процессе наладки активного сетевого оборудования и т. д. В последнем случае аттенюаторы могут являться ключевым блоком так называемых моделей сети, которые используются некоторыми производителями измерительного оборудования преимущественно для калибровки и в учебных целях. Наличие этих устройств позволяет, в частности, осуществлять настройку большинства моделей сетевых интерфейсов методом подключения «на себя», то есть без использования второго прибора.

К аттенюаторам в независимости от вида их конструктивного исполнения предъявляется комплекс следующих требований:

- точность вносимого затухания в сочетании с его долговременной стабильностью;
- возможность работы с высокими уровнями оптических сигналов;
- наличие плоской характеристики вносимого затухания по крайней мере в основных спектральных диапазонах L, S, C одномодового сетевого оборудования;
- обеспечение высокого затухания обратного рассеяния;
- легкость монтажа, обслуживания и установки заданного уровня вносимых потерь (последнее - в регулируемых устройствах).

Известен ряд принципов исполнения оптических аттенюаторов, причем наибольшее распространение на практике получили конструкции, ключевым элементом которых являются короткие отрезки ОВ с искусственно повышенным затуханием за счет легирования сердцевины ионами металлов. Определенную популярность имеют также системы с апертурным рассогласованием. В независимости от применяемого механизма внесения потерь аттенюаторы могут быть выполнены как фиксированными, так и переменными с плавной регулировкой вносимого затухания.

В процессе построения и эксплуатации оптических сетей связи находят применение корпусные аттенюаторы в форме розетки и в виде FM-

адаптеров. FM-адаптер с аттенюатором, по аналогии с кабельными и шнуровыми представителями приборов этого класса, называемый иногда линейным аттенюатором-вилкой (in-line plug attenuator), является прибором, подключаемым непосредственно к розетке ОР с ее пользовательской стороны (см. рис. 50). Из-за этого он в большей степени соответствует идеологии построения СКС. В случае использования данной схемы конструктивной реализации этот компонент, из-за особенностей выполняемых им функций, может строиться по проходной схеме с гнездом и вилкой ОР одного типа.



Рис. 50. Оптические аттенюаторы в форме FM-адаптера

Характерным внешним отличительным признаком фиксированных аттенюаторов, которые выполнены в форме адаптера, является то, что для удобства их практического использования номинальное значение вносимого затухания наносится в виде фабричной маркирующей надписи непосредственно на корпус. В серийных приборах наиболее часто встречаются значения 3, 5, 10, 15 и 20 дБ, в случае необходимости по отдельному заказу производитель изготавливает аттенюаторы с другими величинами затухания.

Типовой диапазон изменения вносимого затухания переменного аттенюатора составляет 15 дБ для многомодовых приборов и 20 дБ для одномодовых. Известны также устройства с глубиной регулировки до 40 дБ. Грубая установка величины затухания осуществляется по градуировочной шкале (при ее наличии), точное значение выставляется с помощью оптического тестера. Для выполнения этой операции на аттенюаторах-розетках используется регулировочный маховичок или ключ, вставляемый в отверстие кольца регулятора.

Точность установки значения затухания с помощью фиксированного аттенюатора рассматриваемой разновидности составляет на практике примерно ± 1 дБ. Столь значительный разброс обусловлен в первую очередь относительно большими и плохо воспроизводимыми при переключениях потерями собственно в ОР прибора. Температурные и вибрационные дрейфы потерь фиксированных аттенюаторов обычно не превышают 10...15% от величины вносимого затухания во всем рабочем диапазоне. При необходимости достижения большей точности используют переменные атте-

нюаторы или фиксированные варианты этих приборов, которые подключаются непосредственно в разрыв линии методом сварки.

Для минимизации влияния отраженного оптического сигнала на характеристики тракта передачи аттенюатор, как правило, включается на входе приемника. В случае необходимости эти устройства вполне могут быть установлены также на выходе передатчика, так как их конструкция рассчитывается на передачу максимальных для современной техники оптической связи мощностей сигналов вплоть до 100 мВт или даже более.

8.5 Терминаторы

Выше уже отмечалось, что при подключении ИВС предприятия к сети связи общего пользования, кабельные тракты СКС могут быть использованы для передачи сигналов аппаратуры с повышенной дальностью действия. В оптических передатчиках такой аппаратуры устанавливаются лазеры достаточно большой мощности, излучение которых при попадании в глаза обслуживающего персонала может повредить сетчатку. При характерных для СКС небольших протяженностях кабельных трактов в сочетании с низкими значениями погонного затухания современных ОК, мощность излучения на выходе тракта не будет очень сильно отличаться от мощности на входе. В результате, излучение будет оставаться потенциально опасным для органов зрения обслуживающего персонала не только непосредственно рядом с аппаратурой, но и удаленных от нее коммутационных устройствах. Далеко не все разъемы, применяемые при построении коммутационного поля СКС, в том числе достаточно новых типов (например, LC), имеют в розетках штатную защитную шторку, которая автоматически перекрывает установочное гнездо при вынутой вилке. Поэтому в такие розетки при отключенных коммутационных шнурах вставляется так называемый терминатор.

Адаптер данной разновидности конструктивно выполнен в виде вилки ОР с отрезком ОВ, предустановленным в наконечнике, и заглушенной задней частью корпуса. Цепи передачи оптических сигналов терминаторов реализуются таким образом, чтобы обеспечивать выполнение возложенных на них функций при мощностях до 100 мВт на длинах волн 1310 и 1550 нм. Это позволяет применять их в трактах для передачи многоканальных групповых сигналов со спектральным разделением оптических каналов.

Потребность в применении терминаторов появляется не только в случае необходимости экранирования прямого потока излучения, с чем прекрасно справляется съемный защитный колпачок розетки. При отключении вилки шнура за счет френелевского отражения в части ОР с плоской или сферической полировкой торцевых поверхностей наконечников возникает достаточно мощный обратный поток оптического излучения, который является крайне нежелательным для некоторых видов лазерных передатчи-

ков. Для подавления этого явления полностью или частично реализуется следующий комплекс мероприятий:

- производится антиотражающая обработка задней части отрезка ОВ, заклеенного в наконечник терминатора;
- для изготовления отрезка ОВ, аналогично аттенюаторам, используется световод со специальным легированием сердцевины;
- выполняется антиотражающее исполнение внутренней поверхности корпуса, обращенной к этому ОВ. В частности, наряду с уменьшением коэффициента отражения за счет выполнения рассеивающей поверхности может дополнительно осуществляться ее установка под углом $8...12^\circ$ к оси наконечника по схеме АРС-разъемов.

Мощность СД и коротковолнового лазерного излучателя - оптических передатчиков известных образцов сетевого оборудования с многомодовым оптическим интерфейсом недостаточна для перегрузки фотоприемника. Кроме того, эти передатчики даже в случае их реализации в лазерном варианте практически нечувствительны к обратным отражениям. С учетом этого можно констатировать, что терминаторы в СКС могут понадобиться только при наличии одномодовых трактов в случае подключения ЛВС к внешним информационным ресурсам.

8.6 Вилки-перемычки

Основным назначением вилки-перемычки является соединение ОВ дуплексного оптического тракта непосредственно на выходе стационарной линии с минимальными потерями. Необходимость выполнения данной операции возникает преимущественно в процессе тестовых проверок оптических трактов и их отдельных компонентов, а также настройки некоторых видов сетевой аппаратуры методом подключения «на себя». От традиционно применяемых для выполнения этой операции симплексных шнуров, адаптеры рассматриваемой разновидности выгодно отличаются отсутствием длинного ОК и, за счет этого, оказываются существенно более удобными в работе.

Вилки-перемычки выпускаются в двух несколько отличающихся между собой вариантах конструктивного исполнения. Так называемая короткозамыкающая сборка (loopback assembly) технически более проста в реализации и является фактически укороченным до предела одноволоконным коммутационным шнуром. Такое изделие состоит из двух симплексных вилок, для удобства эксплуатации установленных в фиксирующей обойме, и содержит внешний по отношению к их корпусу отрезок одноволоконного ОК для шнуров с длиной не более 10 см (см. рис. 51(а)). Вместо двух симплексных может быть использована одна дуплексная вилка. Вторым представителем этой разновидности адаптеров являются так называемые короткозамыкающие вилки (loop-back plug или loop-back connector), кото-

рые реализуются на основе вилок только дуплексных ОР (MIC, MT-RJ). Их главным отличительным признаком является отсутствие кабеля, выходящего за пределы габаритов корпуса (см. рис. 51(б)).

Адаптеры в форме вилки-перемычки в обоих вариантах их конструктивного исполнения исходя из основной области их использования, достаточно часто комбинируются с фиксированными аттенюаторами (так называемые loopback attenuator).

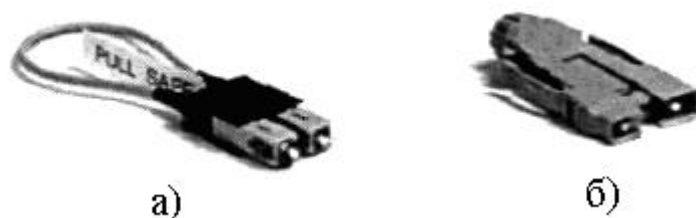


Рис. 51. Вилка-перемычка: а) в форме сборки; б) в виде вилки

Хвостовая часть корпуса вилки-перемычки может снабжаться пластиковым колпачком различных цветов. Такой прием позволяет кодировать тип волокна и номинальную величину вносимого затухания (предложение американской компании Timberline).

Отрезок ОК короткозамыкающей сборки в процессе работы с ней может быть использован в качестве ручки для отключения, что приводит к преждевременному выходу прибора из строя. Поэтому одной из задач, которую решает разработчик сборки, является предотвращение таких действий. Обычно это достигается соответствующим инструктажем и предупреждающей надписью-флажком.

Конструкция и назначение короткозамыкающей вилки таковы, что практическая реализация изделий этого класса наиболее удобна в случае ОР. При этом подключение вилок к розеткам осуществляется линейным движением (методом push-pull или с фиксацией внешней рычажной защелкой в любой форме ее исполнения). При необходимости установки перемычки на розетки симплексных разъемов с креплением вилок обычной или байонетной гайкой, более выгодным и удобным является использование одноволоконного коммутационного шнура.

8.7 МСР-адаптеры

МСР-адаптеры используются для подавления эффекта дифференциальной модовой задержки на принципе смещения области ввода высоконаправленного лазерного излучения относительно центра сердцевины многомодового ОВ. Их основное преимущество по сравнению со шнуровыми аналогами заключается в увеличении удобства текущей эксплуатации ка-

бельной системы. Одновременно достигается также некоторое улучшение эстетических характеристик коммутационного поля.

В качестве прототипа устройства может быть использована как симплексная, так и дуплексная FM-розетка (см. рис. 52). Для облегчения процесса текущей эксплуатации прибора в нем применяется цветовая кодировка вилок направления приема и передачи.

Применение МСР-адаптера требует доступа в пределы стационарной линии. Данная операция может быть выполнена только персоналом, который сертифицирован производителем СКС. Эта принципиальная особенность существенно ограничивает масштабы использования таких устройств в текущей инженерной практике.

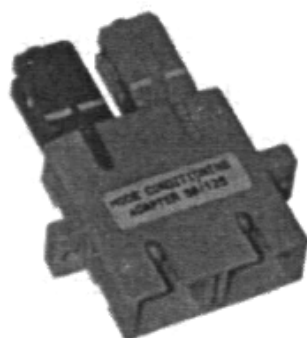


Рис. 52. Дуплексный МСР-adapter корпусного типа компании Fi-berdune

8.8 Мини-пигтейлы

Одним из немногих недостатков метода армирования световодов с помощью монтажных шнуров является необходимость защиты места стыковки ОВ с корпусом механического сплайса или защитной гильзой. При этом полученный сросток из-за относительно больших габаритов и массы обязательно следует надежно фиксировать в организаторе, что несколько усложняет как конструкцию самой сплайс-пластины, так и технологию сборки.

Проблемы фиксации не возникает в случае использования так называемых мини-пигтейлов [51]. Данное изделие конструктивно похоже на вилку иммерсионного ОР и также содержит обработанный и заклеенный в производственных условиях отрезок ОВ (см. рис. 53). Основное отличие заключается в отсутствии внутренних элементов выравнивания волокон и иммерсионного геля. В отличие от классического монтажного шнура, мини-пигтейл может быть установлен на волокно линейного кабеля только с использованием сварной технологии.

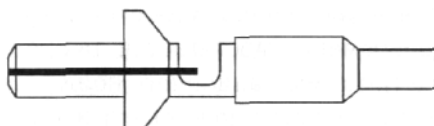


Рис. 53. Конструктивная схема минипигтейла

Установка мини-пигтейла в сварочный аппарат осуществляется на адаптер, который смонтирован на одной из микроподвижек, вместо традиционной V-образной направляющей канавки. Армируемое ОВ вводят в рабочую зону через отверстие увеличенного диаметра в хвостовике вилки. Для подачи электрической дуги в зону контакта волокон кабеля и минипигтейла предусмотрено круглое отверстие (система E2000 FUSION компании Diamond) или U-образная выемка (система FuseLite фирмы Corning) достаточно больших размеров. В изделиях Alberino Krokodil швейцарской компании Diamond перед сваркой необходимо раскрыть ламели защитного элемента.

Работа с мини-пигтейлами не имеет каких-либо особенностей по сравнению со случаем сращивания двух световодов. Исключением является необходимость применения адаптера для установки этого компонента в сварочный аппарат и соответствующей адаптации его конструкции.

Применение сварной технологии в обязательном порядке требует решения проблемы защиты области стыка ОВ от воздействия атмосферной влаги. В данном случае применение клеев-расплавов является технически невыгодным. На практике известно два подхода к решению этой задачи. Согласно первому из них, чаще применяемому на практике, сварной стык заливают клеем, быстро высыхающим при комнатной температуре. В изделиях Alberino Krokodil для выполнения этой операции используется механический защитный элемент.

Вопросы

1. Какую функцию на практике реализуют большинство элементов ОР специального назначения?
2. Какие функции выполняет адаптер волоконно-оптической подсистемы СКС?
3. По какому принципу можно разбить на две группы адаптеры корпусного типа?
4. Каково назначение переходных розеток ОР?
5. Какие конструктивные нововведения реализованы в переходных розетках типов SC-FC и SC-LC? В чем их отличие друг от друга?
6. Перечислите достоинства при использовании адаптеров на обнаженное волокно.
7. Какими способами может осуществляться фиксация ОВ в адаптерах на обнаженное волокно?
8. Из-за чего величина потерь в ОР с адаптерами на обнаженное волокно выше по сравнению с разъемами с постоянной фиксацией ОВ?
9. Какие операции включает процесс установки вилки ОР с помощью адаптера на обнаженное ОВ?
10. Каково назначение FM-адаптера?
11. По каким критериям классифицируются FM-адаптеры?
12. Какую функцию выполняют аттенюаторы при организации каналов связи?
13. Какие требования предъявляются к аттенюаторам?
14. В каких ситуациях используются терминаторы?
15. Перечислите основные функции, выполняемые вилкой-перемычкой.
16. Для чего используются MCP-адаптеры? Что сдерживает их широкое применение?
17. Какие особенности имеет технология сращивания двух ОВ с использованием пигтейлов?

ГЛАВА 9

УСТАНОВКА И МОНТАЖ ЭЛЕМЕНТОВ ОПТИЧЕСКИХ РАЗЪЕМОВ

9.1 Особенности монтажа оптических разъемов в технике СКС

В процессе создания волоконно-оптических линий в сетях связи общего пользования сращивание ОВ и установка вилок ОР выполняются в большинстве случаев с использованием сварочных аппаратов. Такой подход обусловлен тем, что наряду с высокой скоростью выполнения работы, технология сварки обеспечивает минимальные, по сравнению с другими методами, потери в точке сращивания, а данный параметр критически важен на линиях большой протяженности, что характерно для данной области применения. Платой за эти преимущества являются: значительная стоимость оборудования и повышенные требования к уровню технической подготовки персонала [52].

По сравнению с линейно-кабельными сооружениями, сети связи общего пользования СКС имеют ряд специфических особенностей, которые предъявляют определенные требования к элементной базе, так и к применяемым в оптической подсистеме методам установки ОР. Одна из наиболее важных из них состоит в том, что стандарты и прочие нормативно-технические документы СКС предъявляют существенно менее жесткие требования в отношении допустимого уровня вносимых потерь, что является прямым следствием малой протяженности линий. Так, в частности, при строительстве линий междугородной, зонавой и даже городской связи величина потерь в сростках ОВ нормируется цифрами 0,05...0,1 дБ, тогда как стандарты СКС являются в этом отношении значительно более мягкими и устанавливают величину данного параметра на уровне 0,3 дБ в независимости от формы его исполнения. При таких величинах потерь многие потенциальные возможности сварочного аппарата, как технологического инструмента, оказываются избыточными. Вместе с тем, подавляющее большинство мелких и даже средних системных интеграторов, которые реализуют заметную долю проектов на рынке СКС, выполняют в процессе их исполнения не более нескольких десятков оконцовок ОВ в год, а необходимости в сращивании ОВ в промежуточных и разветвительных муфтах у них не возникает вообще. Это приводит к невозможности амортизации дорогостоящего сварочного аппарата за разумный по современным меркам срок. В тоже время, приглашение внешней специализированной организации с целью выполнения сварочных работ, для таких компаний с их небольшими оборотами является экономически невыгодным.

При построении крупных СКС правилом, из которого почти нет исключений, является необходимость практически одновременной установки значительного количества оптических вилок (до нескольких тысяч в крупных проектах). Кроме того, как явствует из стандартов СКС, выполнение

различного рода промежуточных соединений внутри тракта стационарной линии на всех уровнях проводки не приветствуется, а это именно те операции, где преимущества технологии сварки проявляются наиболее полно.

Отличительные особенности структурированной проводки в сочетании со стремлением к достижению максимальной эффективности применяемых технических решений привели к предложению разнообразных альтернативных методов установки ОР и сращивания волокон, а также к внедрению в инженерную практику целой гаммы оригинальных разработок. Выбор конкретной технологии определяется местными условиями реализации проекта. В процессе выбора учитываются такие факторы, как предпочтения и пожелания заказчика, доступность элементной базы, а также требования к техническим характеристикам создаваемых трактов [53].

9.2 Формы исполнения элементной базы оптических разъемов

Элементная база для оконцевания оптических кабелей СКС может иметь две принципиально отличные друг от друга формы исполнения, каждая из которых, в свою очередь, реализуется в двух вариантах (см. рис. 54). Первая форма исполнения предполагает использование только элемента ОР (вилки или розетки), тем или иным способом устанавливаемого на ОВ. Способы реализации варьируются в зависимости от того, что поставляется на объект монтажа: набор исходных компонентов или уже частично предустановленные элементы, где ряд технологических операций с волокном был выполнен еще до выезда на объект монтажа, в стационарных заводских условиях. Обычно это наиболее ответственные операции заклейки, полировки и шлифовки, которые производятся с использованием автоматического и полуавтоматического оборудования, а на объекте осуществляется только сращивание волокон.

Решения первой группы дают возможность предельно уменьшить стоимость покупных компонентов. В случае применения подхода второго типа несколько снижается общее время выполнения монтажных работ, резко уменьшается количество отходов и практически стопроцентно гарантируются стабильность параметров и высокое качество.

Основным отличительным признаком второй разновидности методов оконцевания является применение так называемого монтажного шнура или пигтейла. Монтажный шнур присоединяется к световоду ОК с помощью сварки или механического сплайса. На ранних этапах развития техники оптической связи для этого использовался также клей, однако в силу целого ряда причин в современных условиях данное решение заметной роли не играет. Технология с применением монтажного шнура относится к группе решений с выполнением части технологических операций по оконцеванию еще на этапе изготовления. Поэтому, использование управляющего контроллера, в случае технологии сварки прецизионного оборудования с вы-

сокой степенью автоматизации, позволяет получить рекордно низкое на сегодняшний день время оконцевания ОВ в сочетании с минимальными вносимыми потерями.

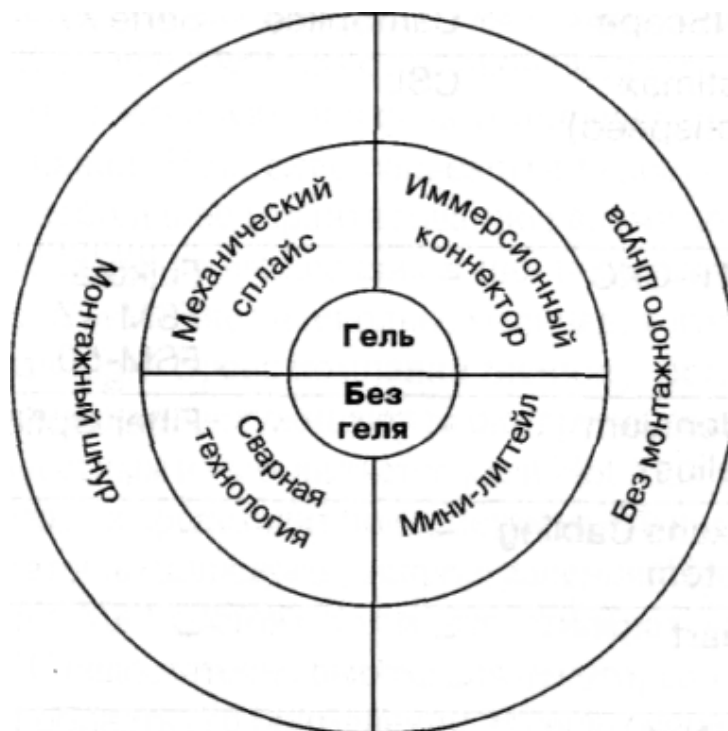


Рис. 54. Элементная база для сращивания волокон и установки разъемов в случае использования промежуточного отрезка волокна

9.3 Клеевые и механические методы фиксации волокна в наконечнике

Процедуры оконцевания световодов ОК элементами ОР, при которых ОВ фиксируется в центрирующем наконечнике или замещающем его элементе, относятся в настоящее время к классическим. Применяемые на практике разновидности реализующих их технологий могут быть в общем случае разделены на две основные подгруппы: с клеевой и механической фиксацией.

Клеевые методы оконцевания ОВ занимали доминирующее положение среди других технологий на первых этапах развития техники СКС. Сейчас они являются стандартным методом установки ОР практически во всех СКС как европейских, так и американских производителей (см. табл. 11). Этому способствуют простота реализации, универсальность и минимальная стоимость как применяемого инструмента, так и расходных материалов.

С точки зрения практической реализации клеевые методы монтажа ОР можно разделить на две разновидности. Первая из них фактически представляет собой адаптацию для специфической области использования из-

вестной заводской технологии заклейки ОВ эпоксидной смолой в центрирующий наконечник стандартного разъема SC, ST, FC, FJ и др.

Таблица 11. Технические средства для установки разъемов некоторых производителей СКС

Компания производи- тель	Тип СКС (оптиче- ской)	Сплайсы подсис- темы	Сварочные аппараты	Клеевой состав
AMP, США	NetConnect (Solarum)	Corelink	—	Эпоксидная смола
Corning, США	LANscape	CamS- plice	Serie X7	—
Commscope, США	Systimax (Optispeed)	CSL	—	Эпоксидная смола и двухкомпо- нентный клей
АйТи, Рос- сия	АйТи-СКС	—	Fujkura FSM-17 FSM-50	Двухкомпонентный клей
Brand-Rex, Англия	Millennium (Helios)	—	Fiber Opticx	—
Nexans, Франция	Nexans Cabling System	—	—	Клей Hot Melt
RiT Technolo- gies, Изра- иль	Smart	—	—	Эпоксидная смола
Panduit, США	PanNet	—	—	Двухкомпонентный клей

Перечень и последовательность основных технологических операций сохраняются неизменными, а целью всех известных в данной области нововведений является сокращение времени затвердевания клея до нескольких минут. Это достигается как использованием быстро затвердевающих эпоксидных составов, так и нагревом обычных до температуры 110...150 °С в специальной малогабаритной электропечке на протяжении 5...10 мин.

При всех достоинствах эпоксидной смолы как фиксирующего состава, она может использоваться для работы в течение максимум 30...40 мин после смешивания исходных компонентов. Стремление к устранению этого недостатка привело к разработке других разновидностей клеев. Наиболее известными и часто используемыми являются двухкомпонентные клеи различных модификаций, в том числе анаэробные, цианакрилатные, акри-

латные и другие составы специальных видов [54]. Подбор исходных компонентов выполняется с тем расчетом, чтобы параметры клеевой субстанции сохранялись на протяжении всего срока эксплуатации разъема.

Основная сложность приготовления двухкомпонентных клеевых составов для монтажа оптических вилок состоит в поиске компромисса между удобством установки и скоростью затвердевания (схватывания) клея. Ускорение затвердевания состава с невысокой скоростью схватывания достигается нанесением отвердителя непосредственно на поверхность волокна (подготовленный к заклейке конец ОВ предварительно смачивают в жидком или гелеобразном отвердителе). В случае составов с высокой скоростью схватывания, каплю отвердителя наносят на клеевую шапку на торце наконечника после продевания волокна через канал. Наиболее серьезным недостатком двухкомпонентных клеев является небольшое гарантированное время хранения отдельных его составляющих, вследствие происходящих в них необратимых химических процессов. В среднем, оно оставляет несколько месяцев, а у лучших образцов (таких, например, как состав Light Speed компании Siemon) достигает одного года.

Отдельного упоминания заслуживают также другие специальные клеевые составы. Наиболее известным из них является клей Hot Melt компании ЗМ, а также клеи, отверждение которых происходит под действием УФ излучения. Данные методы не получили достаточно широкого распространения. Причина малой популярности технологии Hot Melt состоит в том, что температура начала размягчения клея-расплава в 60 °С недостаточно высока для некоторых случаев эксплуатации, что ощутимо сужает область его применения. В свою очередь, клей, отвердевающий под действием УФ излучения, требует применения прозрачных для УФ-лучей корпусов отдельных элементов ОР, а также специальной лампы.

Определенное ускорение процесса монтажа разъемов по клеевой технологии и, самое главное, улучшение качества обработки могут быть достигнуты за счет применения оригинальных автоматических или полуавтоматических технологических инструментов. В качестве примера таких решений можно привести портативные полировочные машинки 6850А компании ЗМ и FPOL компании Siemon.

Производители СКС нередко используют для монтажа систем одновременно две клеевые технологии. В качестве обоснования такого подхода они ссылаются на необходимость удовлетворения пристрастий пользователей к той или иной конкретной технологии. Еще одним достаточно распространенным аргументом является ссылка на возможности реализации сильных сторон этих технологий в различных практических ситуациях.

Кроме клеевых методов в их классическом исполнении, определенную популярность на практике получили также решения с использованием других схем фиксации в рабочем положении волокна в наконечнике. Исторически первым ОР с фиксацией волокна в наконечнике вилки по «сухой»

схеме было известное изделие Light Crimp компании AMP. Его характерной особенностью является необходимость дополнительной шлифовки и полировки ОВ после его механической фиксации в канале наконечника. В силу ряда причин технического характера данное решение не получило широкого распространения, и, кроме AMP, одноточечную механическую фиксацию в серийных устройствах больше никто не применяет.

Решения с фиксацией ОВ в наконечнике и его скалыванием заподлицо с торцевой поверхностью (например, по технологии компании Radiall) сколько-нибудь широкого распространения также не получили. Основной причиной этого является довольно высокая стоимость технологического приспособления для их реализации.

9.4 Иммерсионные разъемы

Появление ОР иммерсионного типа, иногда называемых также механическими коннекторами, было вызвано стремлением к поиску альтернативы клеевой технологии и устранению ее недостатков при работе, в первую очередь, в полевых условиях. Наиболее серьезными из них являются:

- достаточно сложная многоэтапная процедура реализации технологии;
- необходимость применения значительного количества расходных материалов;
- наличие в составе клея весьма агрессивных химических веществ.

Иммерсионные разъемы представляют собой комбинацию механического сплайса и предустановленного ОР, т. е. в соответствии с предложенной выше классификацией, они относятся к решениям второй разновидности с выполнением части технологических операций в заводских условиях. Применение этих элементов позволяет радикально решить проблему уменьшения продолжительности монтажа при относительно невысокой стоимости оборудования и не слишком жестких требованиях в отношении квалификации монтажников. Такой эффект обеспечивается:

- устранением из процесса установки, требующих повышенной аккуратности и занимающих много времени, операций шлифовки и последующей полировки торцевой поверхности наконечника;
- применением в процессе монтажа комплекта хорошо отработанных технологических инструментов, в некоторых случаях снабжаемых элементами полуавтоматики.

Качество торцевой поверхности ОВ, необходимое для получения требуемых стандартами потерь в разъеме, достигается в данной разновидности ОР использованием наконечника, куда входит заклеенный, отшлифованный и отполированный в заводских условиях короткий отрезок волокна (так называемый prepolish ferrule). В процессе монтажа иммерсионного разъема, обработанное в скалывателе волокно ОК, после предварительной юстировки в направляющем элементе (трубка или V-образная канавка), со-

единяется в стык с отрезком световода наконечника, после чего фиксируется в этом положении (см. рис. 55).



Рис. 55. Принцип иммерсионного разъема

Для улучшения технических и эксплуатационных параметров устанавливаемый на волокно компонент ОР изготавливается с направляющим элементом, заполненным иммерсионным гелем. Это позволяет эффективно устранить как френелевские потери (примерно по 0,17 дБ на каждом переходе воздух - стекло), так и обратные отражения. Дополнительным преимуществом данной конструктивной схемы является то, что наличие иммерсионного геля значительно снижает требования к качеству обработки торцевой поверхности срачиваемых волокон и, в первую очередь, к перпендикулярности среза. Последнее обстоятельство позволяет при установке иммерсионных ОР отказаться от применения прецизионного скалывателя, необходимого при работе со сварочным аппаратом, в пользу более дешевого (в 3...5 раз) скалывателя изгибного типа, гарантирующего отклонение плоскости торцевой поверхности обрабатываемого волокна от перпендикуляра на величину не более 1,5°. В силу этого, комплект инструментов для монтажа иммерсионных разъемов по стоимости практически не отличается от стоимости аналогичного набора для клеевой установки.

Типовая продолжительность монтажа иммерсионного ОР составляет приблизительно 1...3 мин. Меньшее значение соответствует случаю оконцевания ОВ в буферном покрытии 0,9 мм, большее – характерно для изготовления коммутационного и оконечного шнура из кабеля в шланге диаметром примерно 3 мм. Дальнейшее уменьшение продолжительности монтажа становится проблематичным, так как основное время в технологическом процессе занимают подготовительные операции, связанные с разделкой ОК, удалением защитных покрытий световодов и подготовкой ОВ к скалыванию. Фиксация волокна на его штатном месте в подавляющем большинстве случаев осуществляется механическими средствами с помощью защелки или подпружиненного зажима. Исключений из данного правила известно немного, например это изделия компаний Panduit и Molex,

где используется процедура заклейки ОВ на входе в направляющую с помощью быстросохнущего клея.

Разработчики иммерсионных ОР применяют в серийной продукции три основные разновидности конструктивного исполнения механических фиксаторов своих изделий. В решениях первой группы фиксатор удерживается в открытом состоянии стопором, а сама технология не предусматривает повторной переустановки элемента разъема (Quick Connect компании Mohawk/ CDT) в случае возникновения такой потребности. Достоинством этого варианта являются несколько меньшее время установки и большее удобство монтажа, особенно в случае применения фирменной технологической оснастки. Во вторую группу входят те разъемы, в которых перед установкой тем или иным способом необходимо открыть фиксирующий механизм (наиболее известный представитель данной разновидности - Light Crimp компании AMP). В третьем типе исполнения, который можно рассматривать как промежуточный вариант двух предыдущих, защелка встает на свое штатное место под действием рабочего органа технологического инструмента (например, Fibrlok компании 3M). Последние две разновидности позволяют, в случае необходимости, переустановить разъем несколько раз. Кроме того, для работы с ними используются более простые технологические приспособления.

Фиксатор может устанавливаться в различных элементах ОР. Некоторые производители используют при оконцовке фиксацию волокон на вилке разъема, другие - в розетке. Вместе с тем, в области перспективных многоволоконных разъемов, которые реализуются преимущественно по несимметричной схеме, все чаще применяется фиксирующий блок в розеточной части с использованием для коммутации только шнуров фабричного производства. Последнее требование объясняется высокой плотностью ОВ в многоволоконном ОР и опасением разработчиков за возможные потери качества при сборке вилок в полевых условиях.

9.5 Технологии механического и сварного сращивания

Далеко не все производители СКС предусматривают в составе оборудования оптических подсистем средства для сращивания ОВ. Обоснованием такого подхода служит сравнительно небольшая протяженность кабельных линий, что позволяет в подавляющем большинстве случаев создавать их с использованием одной строительной длины. Тем не менее, если производитель СКС считает необходимым иметь в составе своей системы средства для сращивания световодов, то он может взять на вооружение технологии механических сплайсов и сварки. Одним из главных преимуществ механических сплайсов (см. табл. 12) являются заметно меньшие затраты на технологическое оборудование для их установки. Благодаря этому, применение механических сплайсов оказывается экономически выгод-

ным даже при выполнении сравнительно небольшого количества сращиваний и оконцовок (при сложившемся на рубеже веков уровне цен на российском рынке граница безусловного ценового превосходства технологии механических сплайсов над технологией сварки находится на уровне 200...300 сращиваний в год).

Таблица 12. Сравнительная характеристика различных методов оконцевания световодов

Метод	Время установки, мин	Стоимость комплекта инструментов, долл. США	Стоимость конструкции, долл. США	Примечание
Клеевая технология	5...20	450...15000	2...13	—
Иммерсионные разъемы	2...3	700...1200	8...15	—
Механические сплайсы	1...3	1000	7...20	Необходим организатор сплайсов
Технология сварки	1...2	8000...30000	10...20	Необходим организатор защитных гильз

Отдельного упоминания достоин тот факт, что, как это следует из данных табл. 13, уровень вносимых потерь в точке сращивания в случае механических сплайсов лишь не намного превышает величину потерь в сростках, изготовленных методом сварки. Кроме того, обратное отражение в изготовленном сростке имеет ту же величину, что и в случае разъемов с качеством обработки торцевой поверхности ОВ класса SuperPC, а рабочий температурный диапазон сплайсов и кабелей внешней прокладки массового применения совпадает. Это, в частности, открывает перспективы ремонта кабельных линий, в том числе подсистемы внешних магистралей, и их дополнительной прокладки в небольших объемах, в случае выполнения данного вида работ силами сотрудников отдела автоматизации и связи без привлечения специализированной строительной организации. С учетом необходимости решения подобных задач, в некоторые СКС, например, Systimax, в состав штатного оборудования введены промежуточные муфты для сращивания ОК внешней прокладки, сплайс-пластины которых рассчитаны на установку в них механических сплайсов. Совокупность данных обстоятельств технического и экономического характера определяет достаточно высокую (по крайней мере, в нашей стране) популярность включения комплекта инструментов для установки механических сплайсов в

стандартное техническое предложение по реализации СКС в крупных организациях.

Таблица 13. Типовые параметры различных технологий полевой установки элементов оптических разъемов

Технология	Вносимые потери, дБ	Обратные отражения, дБ
Обычные разъемы	0,2...0,4	-26...-40
Механические сплайсы	0,1	-50
Сварка	0,05	-70

Технология сварки является, в настоящее время, самым распространенным среди строителей сетей связи общего пользования способом сращивания ОВ. Реализующие эту технологию сварочные аппараты используются:

- для соединения ОВ отдельных строительных длин кабелей в процессе строительства линий связи большой протяженности, а также во время монтажа разветвительных и переходных муфт;
- при оконцевании ОВ вилками ОР в случае применения монтажных шнуров.

По упомянутым выше причинам экономического и технического характера, сварочные аппараты не получили повсеместного распространения в области структурированной проводки и включаются в состав штатного технологического оборудования лишь ограниченным количеством производителей СКС.

Стандарты и другие нормативно-технические документы СКС не содержат каких-либо рекомендаций по применению методов оконцовки и сращивания световодов. В данной ситуации производители СКС также не всегда берут инициативу на себя и во многих случаях точно следуют духу и букве этих документов, не налагая жестких запретов на использование технологии сварки, оставляя право окончательного выбора метода монтажа за системным интегратором. Более того, даже в случае отсутствия сварочных аппаратов в перечне штатного оборудования, в список компонентов нередко включаются монтажные шнуры и организаторы сплайсов.

Принципиальными недостатками сварной технологии являются значительные габариты и масса элемента защиты сросстка, что особенно актуально при большом количестве сращиваемых ОВ. Устранить этот недостаток можно за счет применения так называемого мини-пигтейла (см. п. 8.8). Применение мини-пигтейлов в сочетании с технологией сварки представляется наиболее перспективным в первую очередь именно для СКС и ЛВС. Это обусловлено: как несколько меньшей чувствительностью оптических трактов в данной области к величине вносимых в месте сварки потерь, так

и более оправданным использованием полуавтоматической схемы, вследствие конструктивных особенностей мини-пигтейла.

Вопросы

1. Какие проблемы возникают при монтаже ОР в технике СКС?
2. Каким образом можно уменьшить расходы на этапе выбора элементной базы ОР?
3. Перечислите основные способы фиксации ОВ в наконечнике. Какое необходимо оборудование, и какие достоинства у каждой технологии?
4. За счет чего уменьшается продолжительность монтажа иммерсионных ОР?
5. Какие преимущества дает применение иммерсионного геля в направляющем элементе ОР?
6. Какова продолжительность монтажа иммерсионного ОР? Клеевого? Сварки?
7. В чем состоит достоинство в использовании механических сплайсов?
8. Какая из технологий сращивания ОВ вносит наименьшие потери?
9. Как производится окончательный выбор монтажа ОВ в ОР?
10. Какими недостатками обладает сварка ОВ? Как их можно исключить?

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В оптических подсистемах СКС используются разъемы исключительно контактного типа, построенные по схеме физического контакта и унифицированные с аналогичными изделиями для сетей связи общего пользования. Применение подобных компонентов позволяет снизить их стоимость и упрощает процесс производства, построения и эксплуатации структурированной кабельной проводки. Одновременно, унификация элементной базы дает возможность добиться заметного превышения характеристик разъемов над требованиями стандартов СКС, в первую очередь по параметру вносимого затухания и обратного отражения.

Наличие широкой гаммы серийных разработок разъемов из группы SFF позволяет достигнуть в оптической подсистеме плотности портов, по меньшей мере не уступающей аналогичному параметру медножильной подсистемы. Дополнительным преимуществом элементной базы этой разновидности является то, что в нее еще на стадии разработки заложен принцип практически полной совместимости с разъемами модульного типа витопарной подсистемы по посадочным местам и идентичности по эксплуатационным параметрам.

Основная масса типов серийных оптических разъемов реализует симметричную схему построения, что выгодно в первую очередь с эксплуатационной точки зрения, так как унифицирует конструкцию и технологию монтажа на линейных и шнуровых кабельных изделиях. Определенное значение имеют также несколько более широкие функциональные возможности симметричных разъемов.

Среди перспективных изделий группы SFF наибольшей популярностью среди разработчиков и производителей СКС пользуется разъем MT-RJ, вторым по распространенности может считаться LC.

Использование основных компонентов оптического разъема оказывается технически выгодным в процессе конструирования разнообразных адаптеров. Изделия данной разновидности в массовом масштабе применяются при решении широкого круга задач, часто возникающих на этапах построения и эксплуатации структурированной проводки (изменение типа интерфейса, внесение в тракт передачи дополнительного затухания и т. д.).

В технике СКС находит применение значительное количество оригинальных технологий монтажа элементов разъемов, ориентированных на применение непосредственно на объекте установки кабельной системы. Это существенно упрощает и ускоряет процесс реализации оптической подсистемы. Каждый из внедренных в широкую инженерную практику методов позволяет гарантировать качество не только на уровне требований действующих редакций национальных и международных нормативно-технических документов, но и с определенным превышением его пороговых значений.

Наибольшей популярностью среди методов установки вилок оптических разъемов пользуются клеевые технологии в различных вариантах реализации, в особенности с применением двухкомпонентных клеев. Наиболее быстро развивающейся разновидностью методов оконцовки волоконных световодов является технология с применением элементов иммерсионного типа с механическим принципом фиксации волокна в рабочем положении.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

EIA	Electronic Industries Alliance Ассоциация изготовителей электронного оборудования
ETSI	European Telecommunication Standard Institut Европейский институт стандартизации в области электросвязи
FTTD	Fibre to the desk Волокно до рабочего места
ITU	International Telecommunication Union Международный союз электросвязи
JIS	Japanise Industrial Standard Японский промышленный стандарт
MCP	Mode condition patch-cord Волоконно-оптический шнур со смещением от оси волокна точки ввода оптического излучения
MM	Multimode Многомодовый
SFF	Small Form Factor Малогоабаритный оптический разъем
SM	Singlemode Одномодовый
TIA	Telecommunications Industry Assotiation Ассоциация изготовителей телекоммуникационного оборудования
ГТС	Городская телефонная сеть
ЖК	Жидкокристаллический
ИВС	Информационно-вычислительная система
ИК	Инфракрасный
ИР	Информационная розетка
ИТ	Информационная технология
КДЗС	Комплект деталей защиты сростка (волоконных световодов)
ЛВС	Локальная вычислительная сеть
МЭК	Международная электротехническая комиссия
ОВ	Оптическое волокно
ОК	Оптический кабель
ОР	Оптический разъем
ПВХ	Поливинилхлорид
ПК	Персональный компьютер
ПО	Программное обеспечение
ПОВ	Полимерное оптическое волокно
ПЭ	Полиэтилен
СД	Светодиод
СКС	Структурированная кабельная система

ТУ	Технические условия
УЗК	Устройство заготовки каналов
УПАТС	Учрежденческо-производственная автоматическая телефонная станция
УФ	Ультрафиолетовый

ЛИТЕРАТУРА

1. Шилкин Д.А. Тестирование трасс структурированных кабельных систем. Научно-технический вестник. Выпуск 40.- С-Пб.: С-Пб ГИТМО (ТУ), 2007.
2. ISO/IEC 11801:2002 (E). Information Technologies - Generic cabling for custom premises/ International Standart/ Second edition 2002-09.
3. TIA/EIA-568-B.1. Commercial Building Telecommunications Cabling Standart (Revision of EIA/TIA-568-A), 2001.
4. Семенов А.Б. Волоконно-оптические подсистемы современных СКС. - М.: Компания АйТи, ДМК Пресс, 2007.
5. Gerschau L. Strukturierte Verkabelung. Komponenten. Ebersichtung Standarts. DATACOM Buchverlag GmdH.- Bergheim, 1995.
6. Волоконная оптика в локальных и корпоративных сетях связях. - М.: компьютерПресс, 1998.
7. Мальке Г., Гессинг П. Волоконно-оптические кабели. Основы, проектирование кабелей, проектирование систем / пер. с нем. 2-е изд., перераб. и доп. - Corning Cable Systems. - Новосибирск, 2001.
8. TIA/EIA-568-B.3 Optical Fiber Cabling Components Standard. Revision of TIA/EIA-568-A - 2000. - April.
9. Packaging guide: Фирменный материал компании Acome.- 2004.
10. ГОСТ 18690-82 (СТСЭВ 3227-81). Кабели, провода, шнуры и кабельная арматура. Маркировка, упаковка, транспортирование и хранение. Государственный комитет СССР по стандартам. - М.: Издательство стандартов, 1983.
11. Ларин Ю. Т. Программа разработки нормативно-технической базы оптических волокон и кабелей // Фотон-Экспресс. - 2003. - Сентябрь. - №4 (30).
12. ГОСТ 5151-79. Барабаны деревянные для электрических кабелей и проводов. Технические условия. Государственный комитет СССР по стандартам. - М.: Издательство стандартов, 1986.
13. Семенов А. Б. Оптические разъемы//Фотон-Экспресс.-2005.- №4(44).
14. EN 50173-1. Information technology - Generic cabling systems. Part 1: General requirements and office areas. English Version. - 2002. - November.
15. MT-RJ System. Polarity Installation Guidelines. White Paper: Фирменный материал компании AMP. - 2000.
16. Optical Fiber Connector Color Codes. AEN 47, revision 2. Corning Cable

- Systems Applications Engineering Note. - 2002. - 10 december.
17. L.36 (10/98). Single mode fibre optic connectors. Series L: Construction, installation and protection of cables and other elements of outside plant. ITU-U Recommendation L.36.
 18. Иванов А. Б. Волоконная оптика: компоненты, системы передачи, измерения. - М.: Компания Сайрус Системе, 1999.
 19. Chomycz B. Fiber Optic Installation. A Practical Guide. - McGraw-Hill, 1996.
 20. Вербовецкий А. А. Основы проектирования цифровых оптических систем и сетей связи. - М.: Алекс-Верб, 2004.
 21. Fiber Reflection. Applications Engineering Note AEN 4, Revision 3. - 2002. - November.
 22. TSB-145 Reliability of Passive Fiber Optic Components: Failure Modes and Mechanisms of Fiber Optics Connectors. TIA Telecommunications System Bulletin. - 2003. - February.
 23. Семенов А. Б. Оптические разъемы//Фотон-Экспресс. - 2005. №8 (48).
 24. Семенов А. Б. Элементы и способы крепления вилки к кабелю//Фотон-Экспресс. - 2006. - № 1 (49).
 25. Fiber Optic Products and Accessories: Каталог фирмы Senko Advanced Components. - 2005.
 26. Optical Fiber Connectors LGC, LGA Series. Каталог фирмы Honda Tsushiu Kogyo Co. - 1999.
 27. Оптические коннекторы: Проспект фирмы Diamond. - 1998.
 28. Optical fiber connector types and termination technologies: Фирменный материал компании Tyco Electronics. - 2000.
 29. OPT Division: Каталог фирмы Pacific Rundum Co. - 2003.
 30. Dittrich J., Tienen U. Netzwerkinfrastrukturen. - Bonn: mitp-Verlag, 2002.
 31. IEC 874-10. Connectors for optical fibres and cables. Part 10 Sectional specification. Fibre optic connector type BFOC/2,5. International standard. First edition 1992-06.
 32. IEC 60874-10-1. Connectors for optical fibres and cables. Part 10-1: Detail specification for fibre optic connector type BFOC/2,2 terminated to multimode fibre type A1. First edition 1997-06.
 33. IEC 60874-10-2. Connectors for optical fibres and cables. Part 10-2: Detail specification for fibre optic connectortype BFOC/2,2 terminated to singlemode fibre type B1. First edition 1997-06.
 34. Репин В. Н. Волоконно-оптические соединители. Обзор элементной

- базы//Фотон-Экспресс. - 2003. - Сентябрь. -№4(30).
35. Gustedt D., Wiesner W. Fiberoptik Übertragungstechnik. - Franzis VerlagGmbH, 1998.
 36. Вудс Д. Прольем свет на оптические сети // Сети и системы связи. - 2002. - 21 ноября. - № 13 (91).
 37. La fibre optique dans les reseaux d'entreprise. CREDO. Def 05/02- 007FR.
 38. Грищенко Г. Мир разъемов СКС на ладонях//Фотон-Экспресс. - 2005. - № 4 (44).
 39. Wrobel C.P. Optische Übertragungstechnik in der Praxis. Komponenten, Installation, Anwendungen - 3. aktualisierte und erweiterte Auflage. Huthig Telekommunikation Verlag. - Bonn, 2004.
 40. Хэбер Л. Кабельные системы становятся быстрее//Сети и системы связи. - 2000. - 24 апреля. - № 5 (55).
 41. Иванов П. Обновленный облик кабельных систем // Сети. - 2000. - Февраль (2).
 42. LC Connector and Adapter. AEN 70, revision 2, 1 november 2002. Applications Engineering Note: Фирменный материал компании Corning Cable Systems.
 43. «Rear Pivot Latch» LC Connector. A Robust SFF Fiber Optic Connector for High-Density Network Application. White Paper 11/2003: Фирменный материал компании Panduit.
 44. Shin'ichi Iwano.MU fiber-optic connector system. - Lightwave, 1998. - October.
 45. Ziobron B. Small-form-factor connectors: Where are they now? Cabling Installation & Maintenance. - 2003. - April.
 46. В новое тысячелетие с LSH//Сети и телекоммуникации. - 2000. - №4 (14).
 47. E-2000. Systemubersicht: Проспект фирмы Diamond. - 2003.
 48. Selecting Small Form Factor Connectors for Fiber Optic Equipment and Infrastructure. The Advantages of a Hybrid PANDUIT FJ/LC Solution. White Paper - 1/2004: Фирменный материал компании Panduit.
 49. Panduit Communication Product: Каталог фирмы Panduit. - 1998.
 50. Kilmer J. P. Connectors evolve for the premise market // Lightwave. - 1998.-May.
 51. Tate J., Cole G., Gomilsek I., van der Pijll J. Designing an IBM Storage Area Network. Redbooks. IBM International Technical Support Organization. - 2000. - May.

52. Московченко А. Оптические коннекторы SFF - достойный ответ на современные и перспективные запросы телекоммуникационной индустрии // Электронные компоненты. - 2003. - № 1.
53. Зайоброн Б. Положение дел в сегменте рынка миниатюрных оптических разъемов//Сети и системы связи. - 2003. - № 8 (100).
54. Стерлинг Д. Д., Бакстер Л. Кабельные системы. 2-е изд. - М.: Лори, 2003.
55. MT-RJ connectors system for sucure networks. White Paper: Фирменный материал компании AMP. - 2001.
56. Каталог фирмы Telegartner. - 2003.
57. Castreel R. LC versus MTRJ connectors: which is the better performer: Фирменный материал компании Commscope. - 2005.
58. Fiber Optic Product Catalog No 1098A Active & Passive Network Solutions. Molex Fiber Optic Inc. - 1997.
59. Грищенко Г. Мир разъемов СКС на ладонях. Оптика // Сети и телекоммуникации. - 2002. - № 8 (27).

В 2007 году СПбГУ ИТМО стал победителем конкурса инновационных образовательных программ вузов России на 2007–2008 годы. Реализация инновационной образовательной программы «Инновационная система подготовки специалистов нового поколения в области информационных и оптических технологий» позволит выйти на качественно новый уровень подготовки выпускников и удовлетворить возрастающий спрос на специалистов в информационной, оптической и других высокотехнологичных отраслях экономики.

КАФЕДРА ПРОЕКТИРОВАНИЯ КОМПЬЮТЕРНЫХ СИСТЕМ

ИСТОРИЯ КАФЕДРЫ

1945–1966 РЛПУ (кафедра радиолокационных приборов и устройств). Решением Советского правительства в августе 1945 г. в ЛИТМО был открыт факультет электроприборостроения. Приказом по институту от 17 сентября 1945 г. на этом факультете была организована кафедра радиолокационных приборов и устройств, которая стала готовить инженеров, специализирующихся в новых направлениях радиоэлектронной техники, таких как радиолокация, радиоуправление, теленаведение и др. Организатором и первым заведующим кафедрой был д.т.н., профессор С. И. Зилитинкевич (до 1951 г.). Выпускникам кафедры присваивалась квалификация инженер-радиомеханик, а с 1956 г. – радиоинженер (специальность 0705).

В разные годы кафедрой заведовали доцент Б.С. Мишин, доцент И.П. Захаров, доцент А.Н. Иванов.

1966–1970 КиПРЭА (кафедра конструирования и производства радиоэлектронной аппаратуры). Каждый учебный план специальности 0705 коренным образом отличался от предыдущих планов радиотехнической специальности своей четко выраженной конструкторско-технологической направленностью. Оканчивающим институт по этой специальности присваивалась квалификация инженер-конструктор-технолог РЭА.

Заведовал кафедрой доцент А.Н. Иванов.

1970–1988 КиПЭВА (кафедра конструирования и производства электронной вычислительной аппаратуры). Бурное развитие электронной вычислительной техники и внедрение ее во все отрасли народного хозяйства потребовали от отечественной радиоэлектронной промышленности

решения новых ответственных задач. Кафедра стала готовить инженеров по специальности 0648. Подготовка проводилась по двум направлениям – автоматизация конструирования ЭВА и технология микроэлектронных устройств ЭВА.

Заведовали кафедрой: д.т.н., проф. В.В. Новиков (до 1976 г.), затем проф. Г.А. Петухов.

1988–1997 МАП (кафедра микроэлектроники и автоматизации проектирования). Кафедра выпускала инженеров-конструкторов-технологов по микроэлектронике и автоматизации проектирования вычислительных средств (специальность 2205). Выпускники этой кафедры имеют хорошую технологическую подготовку и успешно работают как в производстве полупроводниковых интегральных микросхем, так и при их проектировании, используя современные методы автоматизации проектирования. Инженеры специальности 2205 требуются микроэлектронной промышленности и предприятиям-разработчикам вычислительных систем.

Кафедрой с 1988 г. по 1992 г. руководил проф. С.А. Арустамов, затем снова проф. Г.А. Петухов.

С **1997 ПКС** (кафедра проектирования компьютерных систем). Кафедра выпускает инженеров по специальности 210202 «Проектирование и технология электронно-вычислительных средств». Область профессиональной деятельности выпускников включает в себя проектирование, конструирование и технологию электронных средств, отвечающих целям их функционирования, требованиям надежности, дизайна и условиям эксплуатации. Кроме того, кафедра готовит специалистов по защите информации, специальность 090104 «Комплексная защита объектов информатизации». Объектами профессиональной деятельности специалиста по защите информации являются методы, средства и системы обеспечения защиты информации на объектах информатизации.

С 1996 г. кафедрой заведует д.т.н., профессор Ю.А. Гатчин.

За время своего существования кафедра выпустила 4264 инженеров. На кафедре защищено 62 кандидатских и 7 докторских диссертаций.